

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту

(повна назва інституту)

Кафедра електропостачання

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов

« ____ » _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

спеціалізації Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

**на тему: «Автономне електрозабезпечення станцій мобільного зв'язку ТОВ
«Лайфселл»**

Виконав (-ла): студент (-ка) 2 курсу, групи ОН-з91мп

Кобзар Марина Геннадіївна

(прізвище, ім'я по батькові)

(підпис)

Науковий керівник к.т.н. доц. Веремійчук Ю.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Консультант нормоконтроль ас. Прокопенко І.Д.

(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

Рецензент к.т.н, доц. Виноградов – Салтиков В.О.

(посада, прізвище, ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент (-ка) _____

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Інститут енергозбереження та енергоменеджменту
(повна назва)

Кафедра електропостачання
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Спеціалізація «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ В.А. Попов

«___» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Кобзар Марина Геннадіївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Тема» Автономне електрозабезпечення базових станцій мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл»

науковий керівник дисертації к.т.н доц. Веремійчук Ю.А.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «03» листопада 2020 р. №3198-с

2. Строк подання студентом дисертації 14 грудня 2020 року

3. Об'єкт дослідження процеси електрозабезпечення базових станцій мобільного зв'язку

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою) методи та підходи моделювання режимів роботи СЕС з врахуванням технічних та експлуатаційних характеристик базових станцій мобільного зв'язку

5. Перелік завдань, які потрібно розробити _____

1. Проведення аналізу нормативно-правового та нормативно-технічного забезпечення функціонування автономних систем електрозабезпечення

2. Проведення енергетичного та технічного обстеження станцій мобільного зв'язку, що дає змогу побудувати енергетичний баланс споживання електроенергії.

3. Моделювання сценаріїв роботи автономної системи електрозабезпечення базової станції мобільного зв'язку, з визначенням економічної привабливості та ефективності проекту.

6.Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація – наочні матеріали за результатами дослідження (алгоритми розрахунків та діаграми).....

7.Орієнтовний перелік публікацій _____

Кобзар М.Г., Веремійчук Ю.А., Автономне електрозабезпечення базових станцій мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл» . III науково-технічна конференція сталий розвиток енергетики.сучасні системи забезпечення електричною енергією, м. Київ, дата проведення 26 -27листопада 2020 р.

8.Консультанти розділів дисертації

Нормоконтроль

ас. Прокопенко І.Д.

9.Дата видачі завдання 29 травня 2019 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Актуальність роботи огляд джерел	01.09.20-9.09.20	
2	Постановка задачі	10.09.20-16.09.20	
3	Збір даних та технічної документації для виконання роботи	17.09.20-21.09.20	
4	Проведення аналізу даних та моделювання	1.10.20-14.10.20	
5	Характеристика введення в режим роботи СЕС	15.10.20-20.10.20	
6.	Розробка стартап проекту	21.10.20-25.10.20	
7.	Оформлення дисертації	25.10.20-29.10.20	
8.	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	30. 10.20-10.12.20	

9.	Передзахист МД	10.12.20- 14.12.20	
10.	Захист дисертації	17.12.20- 22.12.20	

Студент

(підпис)

М.Г. Кобзар
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Ю.А. Веремійчук
(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів основної частини, висновків, списку використаних літературних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 111 сторінок, у тому числі 93 сторінок основного тексту та 1-го додатку, 34 ілюстрацій, 18 таблиць, 31 бібліографічних найменувань за переліком посилань, розрахунки та побудова графіків та креслення зроблені в програмних продуктах: «Microsoft Excel», Kompas 3DV15

В даній роботі було проведено дослідження для забезпечення електроживлення БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл» з застосуванням СЕС. Аналіз дослідження показав, що використання СЕС можливо для БС станцій мобільного зв'язку в Хмельницькій та Житомирській області.

Метою роботи: є оцінка енергоефективності встановлення СЕС для БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл».

Об'єктом дослідження процеси електрозабезпечення базових станцій мобільного зв'язку.

Предметом дослідження є методи та підходи до моделювання режимів роботи СЕС з врахування технічних і експлуатаційних характеристик базових станцій мобільного зв'язку.

Перелік завдань, які потрібно розробити:

- Проведення аналізу нормативно-правового та нормативно-технічного забезпечення функціонування автономних систем електрозабезпечення
- Проведення енергетичного та технічного обстеження станцій мобільного зв'язку, що дає змогу побудувати енергетичний баланс споживання електроенергії.
- Моделювання сценаріїв роботи автономної системи електрозабезпечення базової станції мобільного зв'язку, з визначенням економічної привабливості та ефективності проекту.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні доцільності проектування системи електропостачання базових станцій мобільного зв'язку з фотоелектричними модулями, що дає можливість підвищити рівень ефективності системи електрозабезпечення.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, що використання фотоелектричних модулів в структурі системи електропостачання базових станцій мобільного зв'язку дозволить підвищити надійність та автономність роботи системи електрозабезпечення.

Апробація результатів науково-технічна конференція сталий розвиток енергетики.сучасні системи забезпечення електричною енергією Автономне електрозабезпечення базових станцій мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл».

Публікації. Кобзар М.Г., Веремійчук Ю.А., Автономне електрозабезпечення базових станцій мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл» . III науково-технічна конференція сталий розвиток енергетики.сучасні системи забезпечення електричною енергією, м. Київ, дата проведення 26 -27 листопада 2020 р.

Ключові слова: СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА, ВІТРОГЕНЕРАТОР, ГІБРИДНА УСТАНОВКА, ВІТРОСОНЯЧНА СИСТЕМА, ПОНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ.

ANNOTATION

The dissertation consists of an introduction, four sections of the main part, conclusions, a list of references and appendices. The full volume of the dissertation is 111 pages, including 93 pages of the main text and the 1st appendix, 34 illustrations, 18 tables, 31 bibliographic titles according to the list of references, calculations and construction of graphs and drawings made in software products: "Microsoft Excel", Kompas 3DV15. In this work, a study was conducted to provide power to the mobile BS of Lifecell LLC using PV system. The analysis of the study showed that the use of SES is possible for BS mobile stations in Khmelnytsky and Zhytomyr regions. Purpose: is to evaluate the energy efficiency of SES for BS mobile communication "Lifesell".

Object of research: power supply processes of mobile communication base stations.

Subject of research: methods and approaches to modeling the modes of operation of PV taking into account the technical and operational characteristics of mobile base stations.

List of tasks to be developed:

- Carrying out the analysis of normative-legal and normative-technical maintenance of functioning of autonomous power supply systems
- Conducting energy and technical inspections of mobile communication stations, which allows to build an energy balance of electricity consumption.
- Modeling of scenarios of operation of the autonomous power supply system of the base station of mobile communication, with determination of economic attractiveness and efficiency of the project.

The scientific novelty of the obtained results lies in the substantiation of the expediency of designing the power supply system of mobile base stations with photovoltaic modules, which makes it possible to increase the efficiency of the power supply system.

The practical significance of the obtained results is that the use of photovoltaic modules in the structure of the power supply system of mobile base stations will increase the reliability and autonomy of the power supply system.

Approbation of results of scientific and technical conference sustainable development of power. Modern systems of providing with electric energy Autonomous power supply of base stations of mobile communication of LLC Lifesell.

Publications Kobzar M.G., Veremiichuk Y.A., Autonomous power supply of mobile stations of Lifecell LLC. III scientific and technical conference on sustainable energy development. Modern power supply systems, Kyiv, 26 -27 November 2020.

Key words: SOLAR ENERGY, WIND GENERATOR, HYBRID INSTALLATION, WIND SOLAR SYSTEM, RENEWABLE ENERGY SOURCES.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТА СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ АВТОНОМНИХ, ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	15
1.1 Загальна характеристика використання альтернативних джерел енергії....	15
1.2 Аналіз функціонування автономних, гібридних систем електропостачання.....	22
1.3 Аналіз використання СЕС в Україні та інших країн	25
1.2.2 Досвід використання автономних, гібридних систем електропостачання в сфері зв'язку та інформатизації.....	32
1.2.3 Аналіз технічних рішень систем електропостачання базових станцій мобільного зв'язку	35
1.3 Аналіз нормативно-правового та нормативно-технічного забезпечення функціонування автономних систем електрозабезпечення.....	37
Висновок до розділу 1	40
РОЗДІЛ 2 РЕЖИМИ РОБОТИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ТОВ «ЛАЙФСЕЛЛ».....	42
2.1 Обладнання та технічні рішення систем електрозабезпечення.....	42
2.2 Дослідження режимів роботи базових станцій мобільного зв'язку	52
2.3 Методи та підходи щодо проектування фотоелектричного устаткування	56
Висновок до розділу 2	62
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ПРОЕКТОВАНОЇ СЕС ДО ІСНУЮЧОГО ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ БС	63
3.1 Проектні рішення системи електрозабезпечення базових станцій зв'язку ...	63
3.2 Розрахунок режимів роботи СЕС відповідно до сценаріїв	67

3.3 Техніко-економічний аналіз впровадження автономних систем електрозабезпечення	95
Висновок до розділу 3	102
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ	103
Висновок до розділу 4	105
ВИСНОВОК.....	106
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	107
Додаток А.....	111

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

IRENA – Міжнародне агентство з поновлюваних джерел енергії (International Renewable Energy Agency)

PV system – photovoltaic system

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії

ВЕ – відновлювальна енергетика

ГРП – груповий розподільчий пристрій

ЗТ – «зелений» тариф

ЗС – «зелений» сертифікат

СЕС – сонячна електростанція

ФЕМ – фотоелектричний модуль

СР – сонячна радіація

США – Сполучені Штати Америки

АКБ – Акумуляторні батареї

ЕС – Європейський Союз

ЩО – щит обліку

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

ВРП – ввідно розподільчий пристрій

ДГУ – дизельно – генераторна установка

ВЕУ – вітроелектрична установка

ФЕУ – фотоелектрична установка

ВСТУП

Екологічні та енергетичні кризи визначають актуальність пошуку нових способів виробництва електроенергії або вдосконалення існуючих. Освоєння нових видів дешевої та екологічно чистої енергії є пріоритетом для всього людства. В останні десятиліття найбільший попит у галузі альтернативної енергетики має електростанції та установки, що виробляють електроенергію з енергії вітру та сонячної енергії, оскільки такі установки використовують відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) та не викликають викидів. CO₂ в атмосферу.

На додаток до широкомасштабної енергетики, що використовує потужні вітрові електростанції та сонячні електростанції, останнім часом все більшою популярністю для задоволення потреб споживачів стають вітрові турбіни з низькою потужністю (BEU) та фотоелектричні установки (BE). споживачів, сприяючи тим самим децентралізації його виробництва. Комбінована робота цих пристроїв є особливо ефективною, оскільки їх випадкові інтервали часто доповнюють один одного, щоб краще задовольнити потреби споживачів в енергії. Тому сьогодні для окремих споживачів важливо використовувати обладнання для виробництва електроенергії (EE) з енергії вітру та сонячної енергії, яке є доступним для населення.

Актуальність теми. В даний час у світі відбуваються значні зміни у підході до енергетичної політики: відхід від застарілих енергетичних моделей із великими виробниками, викопним паливом, неефективними мережами та недосконалою конкуренцією на ринку газу, електроенергії та вугілля. - У новій моделі створити більш конкурентне середовище, зрівняти можливості розвитку та зменшити домінування однієї форми виробництва енергії або джерел та методів постачання палива. Водночас вона вважає за краще підвищувати енергоефективність та використовувати енергію з альтернативних та відновлюваних джерел. Тут часто враховуються заходи щодо підвищення

надійності енергосистеми, що, в свою чергу, зменшує атмосферні викиди та пристосовується до кліматичних змін.

Однак сучасний стан вітчизняної енергетики такий, що централізована система електропостачання не здатна відповідати вимогам сучасного обладнання щодо надійності електропостачання та якості електроенергії. На відключення електроенергії припадає близько 10% від загального часу процесу на рік (порівняно з 0,1% у розвинених країнах), а тривалість низькоякісного споживання електроенергії (особливо для сільських споживачів) становить близько 45% від загального часу роботи. Усі ці факти свідчать про те, що вітчизняна енергосистема вимагає кардинальних змін.

Мета і завдання дослідження. Оцінити енергоефективність встановлення СЕС для БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл».

Для досягнення зазначеної мети у роботі вирішувались такі завдання:

- Проведення аналізу нормативно-правового та нормативно-технічного забезпечення функціонування автономних систем електрозабезпечення

- Проведення енергетичного та технічного обстеження станцій мобільного зв'язку, що дає змогу побудувати енергетичний баланс споживання електроенергії.

- Моделювання сценаріїв роботи автономної системи електрозабезпечення базової станції мобільного зв'язку, з визначенням економічної привабливості та ефективності проекту.

Об'єктом дослідження процеси електрозабезпечення базових станцій мобільного зв'язку.

Предметом дослідження є методи та підходи до моделювання режимів роботи СЕС з врахування технічних і експлуатаційних характеристик базових станцій мобільного зв'язку.

Методи дослідження. Теоретичними та методологічними основами магістерської дисертації були праці провідних вітчизняних та зарубіжних учених, загальносистемна методологія та принципи поглиблених досліджень. Спеціальні методи дослідження, що використовуються в роботі: абстрактно-

логічний - при вивченні літературних джерел та вивченні розробки проблеми, теоретичне узагальнення - розкриття категорії "альтернативні джерела енергії", спостереження, порівняльні переваги, економічний, економічний та статистичний аналіз - для оцінки поточної ситуації розробка та використання альтернативних джерел енергії.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна одержаних результатів полягає в обґрунтуванні доцільності проектування системи електропостачання базових станцій мобільного зв'язку з фотоелектричними модулями, що дає можливість підвищити рівень ефективності системи електрозабезпечення.

Практичне значення одержаних результатів. Полягає у можливості широкого застосування отриманих результатів для комплексного вирішення проблем надійного та ефективного автономного живлення. Результати дослідження рекомендуються для практичного застосування споживачам, які не можуть задовольнити вимоги високотехнологічного обладнання щодо надійності електропостачання та якості електроенергії.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТА СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ АВТОНОМНИХ, ГІБРИДНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Загальна характеристика використання альтернативних джерел енергії

Перспективним напрямом створення надійних систем енергозабезпечення та істотного поліпшення умов життя і праці для населення є широке використання альтернативних джерел енергії, яке у всіх провідних країнах світу набуло широкого розвитку[1]. За рахунок цього одночасно вирішується декілька завдань, а саме:

- забезпечення власними енергоресурсами; скорочення імпорту палива; зменшення забруднення навколишнього середовища;
- створення нових робочих місць при проектуванні, виготовленні та експлуатації; стимулювання наукового супроводу розробок та проектів.

Широкого застосування в сільськогосподарському виробництві, як у розвинутих країнах, так поступово і в нас дістають такі альтернативні джерела енергії, як вітрова, сонячна, мала гідроенергетика та енергія біомаси [1].

Динаміка розвитку сонячної електроенергетики є найбільшою серед ВДЕ в Україні. За виключенням втрат сонячних електростанцій внаслідок анексії Криму (408 МВт) в Україні існує тенденція до щорічного зростання потужностей СЕС [1]. У 2016 році встановлена потужність сонячних електростанцій збільшилась на 23% (показано на рисунку 1.1). Стрімкий розвиток СЕС в Україні обумовлений відносною простотою реалізації проектів (порівняно з іншими технологіями ВДЕ), істотним падінням цін на обладнання (вартість 1 кВт потужності становить близько 900-1000 доларів) та короткими строками реалізації проекту (6 місяців разом з проектуванням) [1]. Хоча обсяг виробництва електроенергії сонячними електростанціями зростав у середньому на 3,5% протягом 2015-2020 років, середня кількість годин роботи станцій на повну потужність за останні три роки знизилась до

928 годин у рік, що відповідає коефіцієнту використання встановленої потужності на рівні 10,6% [1].

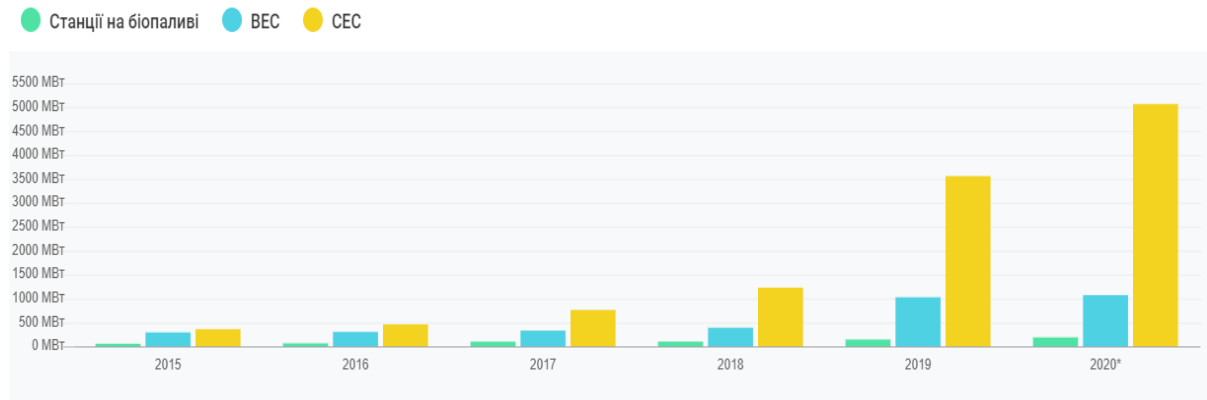


Рисунок 1.1 – Встановлена потужність відновлювальних джерел енергії за 2015-2020 р.

Джерело : Revised version, November 2020. Information notice [2]

Оцінка технічного потенціалу дослідження потенціалу використання ВДЕ у країнах Південно-Східної Європи [2] (показано на рисунку 1.2). Одним із етапів проекту стало дослідження технічного потенціалу використання ВДЕ в цих країнах [2]. Оцінка потенціалу сонячної та вітрової енергетики заснована на даних про сонячне випромінювання та наявні вітри у найбільш доцільних територіях регіонів [2].

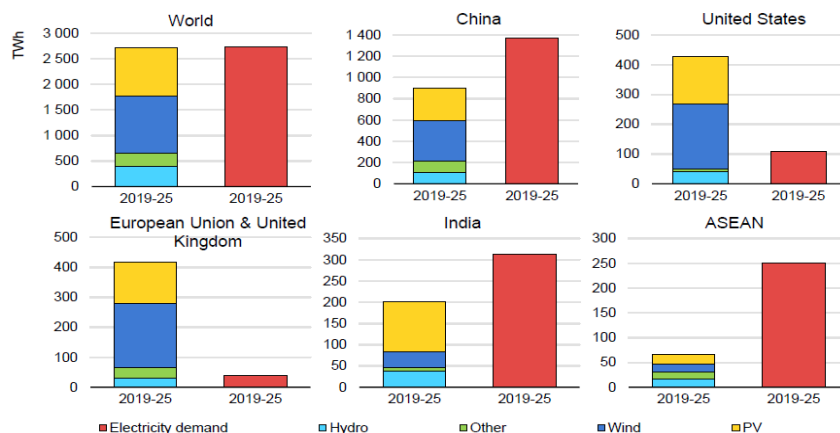


Рисунок 1.2 –попит на електроенергію та генерацію відновлюваної енергетики, 2019-25

Джерело : Revised version, November 2020. Information notice [2]

Очікується, що відновлювана енергетика задовольнить 99% світового зростання попиту на електроенергію протягом 2020-25 років (показано на рисунку 1.3). В Європейському Союзі та Сполученому Королівстві очікується збільшення відновлюваної енергетики генерації більш ніж у дев'ять разів перевищує зростання попиту на електроенергію і близьке до триразового зростання попиту США[2]. У більшості країн з розвинутою економікою вугілля, оскільки старіючі флоти виходять на пенсію. У Китаї та Індії прогнози відновлюваної енергетики охоплюють майже 65% зростання попиту, в той час як в країнах АСЕАН викопні палива домінують над збільшенням генерації, запобігаючи зростанню частки відновлюваної енергетики[2].

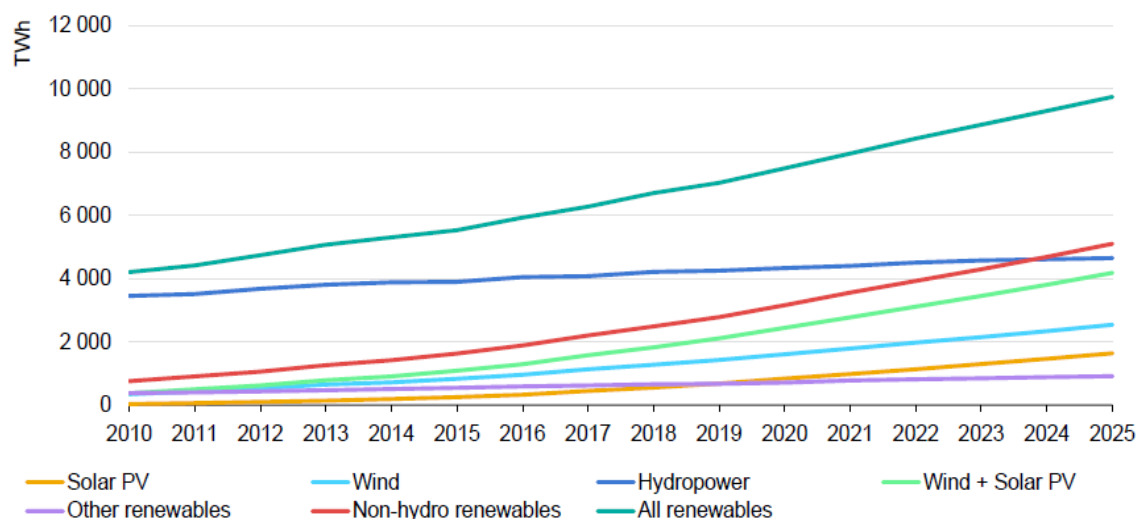


Рисунок 1.3 – Виробництво електроенергії з відновлюваних джерел за технологією, 2010-25

Джерело : Revised version, November 2020. Information notice [2]

Гідроенергетика залишається найбільшим джерелом виробництва електроенергії з відновлюваних джерел, але знижується на 50% у 2024 році[2]. Комбінована вітрова та сонячна генерація PV набуває найбільшого приросту 4 000 кВт·год протягом прогнозного періоду[2].

Для розрахунку ВДЕ враховувались такі аспекти:

- ресурсний потенціал;
- відстань до електромереж;
- щільність населення;
- рослинний покрив;
- топографія та висота над рівнем моря;
- розташування природоохоронних територій.

Оцінка була здійснена лише для територій з відповідністю використання ВДЕ більш ніж на 60% [3]. Для інших відновлюваних джерел енергії, інформація про потенціал була обрана з національних енергетичних стратегій або академічних чи техніко-економічних обґрунтувань, а також доповнена та перевірена експертами з енергетики [3]. Більш детально про методологію оцінки - у звіті IRENA “Costcompetitive renewable power generation: potential across SEE” (2017) [3]. За результатами проведеного дослідження було виявлено, що Україна володіє найбільшим серед країн Південно-Східної Європи технічним потенціалом впровадження ВДЕ. Загальний потенціал виробництва електроенергії з ВДЕ в рік складає більше 1 млн ГВт·год [3]. Найбільшу частку (~85%) складає вітрова енергетика – 859 тис ГВт·год [3].

IRENA: економічно-доцільний потенціал розвитку ВДЕ в Україні
Програма REmap від IRENA складається з серії дорожніх карт з відновлюваної енергетики для кожної країни, які показують, як ці країни можуть збільшити використання ВДЕ та подвоїти частку альтернативних видів енергії у світовому енергетичному балансі [3]. Важливою частиною цього дослідження стала оцінка потенціалу економічно-доцільно використання ВДЕ в Україні до 2030 року. Економічно-доцільне використання розраховувалось на основі порівняння вартості використання ВДЕ та вартості використання традиційних джерел енергії. Прогнозується, що значна кількість технологій ВДЕ є уже зараз або будуть до 2030 року дешевші порівняно до традиційних джерел енергії за рахунок розповсюдження технологій та ефекту масштабу [3].

Україна володіє значним потенціалом розвитку відновлюваних джерел енергії: як технічно можливим, так і економічно доцільним. Найбільш

оптимістичний прогноз наданий IRENA – майже 22 ГВт встановлених потужностей з ВДЕ у 2030 році, що у 20 разів більше ніж у 2016 році. За умови виконання прогнозу IRENA, річна економія викидів CO₂ може скласти 13,4 млн тон[3].

13 жовтня 2020 року, Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) опублікувало новий Огляд світової енергетики 2020 року (The World Energy Outlook 2020), в якому експерти МЕА зосередились на аналізі розвитку глобальної енергетичної системи в наступні 10 років з врахуванням наслідків пандемії COVID-19, а також надали свої рекомендації з прискорення глобального енергетичного переходу до відновлюваних джерел енергії [3]. Висновки цього річного Огляду базуються на детальному моделюванні різних можливих шляхів виходу з кризи, причиною якої стала пандемія COVID-19, з урахуванням особливостей кожного регіону, його енергетичної системи, пріоритетного виду палива та енергетичної політики [3].

За оцінками експертів, через пандемію COVID-19, в 2020 році глобальний попит на енергію скоротився на 5%, викиди CO₂ від сектору енергетики скоротились на 7%, а інвестиції в енергетику скоротились на 18%. Скорочення попиту на окремі види палива складає: 8% - на нафту, 7% - на вугілля, 3% - на природний газ. В той же час, попит на електроенергію скоротився на символічні 2%, а відновлювані джерела енергії залишились найстійкішими джерелами енергії до викликів пандемії COVID-19 [3].

Експерти МЕА проаналізували шляхи виходу глобального енергетичного сектору з кризи за допомогою 4-х потенційних сценаріїв[3]:

1. Сценарій заявленої державної політики (STEPS) за яким пандемія COVID-19 поступово перейде під контроль урядів у 2021 році, а світова економіка повернеться до докризового рівня [3]. Цей сценарій відображає всі заявлені урядами політичні наміри та цілі в тій мірі, в якій вони реально виконуються [24]. За цього сценарію, глобальний рівень ВВП повернеться до свого докризового показника вже у 2021 році, а глобальний попит на енергію повністю відновиться на початку 2023 року (проте результати дещо

варіюються в залежності від виду палива) [3]. ВДЕ задовольнятимуть 90% глобального попиту на електроенергію в наступні два десятиліття, з домінуючою роллю сонячної енергетики, а рівень використання вугілля вже ніколи не повернеться до минулих показників, а буде і надалі падати (передбачається, що до 2040 року, вперше в історії, частка вугілля в глобальному попиті на енергію впаде нижче 20%)[3].

Щодо попиту на електроенергію, то відповідно до сценарію STEPS, до 2030 року він найшвидше виросте в Індії, яку за показниками супроводжуватимуть Південно-Східна Азія та Африка [3]. В Китаї також спостерігається зростання рівня попиту на електроенергію, частка якого у глобальному попиті досягне 40% у 2030 році [3]. У всьому світі, зростання попиту на електроенергію випереджатиме попит на всі інші види енергії[3]. До 2030 року, частка попиту на електроенергію досягне 21% у глобальному попиті на енергію [3]. Кілька країн, включно з Ганою, Кенією, Сенегалом, Ефіопією і Руандою, знаходяться на шляху до забезпечення цілковитого доступу до електрики вже до 2030 року, але результати сценарію показують, що 660 мільйонів людей як і раніше не матимуть доступу до електрики в 2030 році, включно з 33% всього населення Африки [3].

Генерація електроенергії з ВДЕ до 2030 року зросте на дві третіх порівняно з показником 2020 року[3]. До 2030 року, гідроенергетика, вітроенергетика, сонячна енергетика, біоенергетика та геотермальна енергетика забезпечуватимуть майже 40% глобального електропостачання [3]. Китай все ще займатиме передові позиції на цьому шляху збільшуючи до 2030 року виробництво електроенергії з ВДЕ до показника в майже 1500 мВт·год, що еквівалентно кількості всієї електроенергії виробленої у Франції, Німеччині та Італії в 2019 році [3].

Гідроенергетика залишатиметься найбільшим джерелом ВДЕ, але на першому місці за темпами розвитком знаходитиметься сонячна енергетика, після якої слідуватиме наземна та офшорна вітроенергетики. *“Якщо уряди слідуватимуть сценарію STEPS, зростання як сонячної, так і вітрової*

енергетик буде ще більш вражаючим та доволі обнадійливим у боротьбі зі світовими кліматичними викликами”, - зазначив виконавчий директор МЕА, Фатіх Біроль. Натомість, за словами Фатіха Біроля, розвиток ВДЕ обов’язково має супроводжуватись значними інвестиціями у модернізацію електромереж [3].

2. Сценарій відтермінованого відновлення (DRS) за яким аналізуються ті ж поставлені політичні цілі, що і в сценарії STEPS, проте з урахуванням затягування відновлення від пандемії COVID-19, яка наносить все більший довгостроковий збиток глобальній економічній системі[3]. За цього сценарію, глобальний рівень ВВП до 2023 року не повернеться до свого докризового показника, а глобальний попит на енергію повністю відновиться аж у 2025 році [3]. Попит на нафту впаде нижче 100 млн б.н.е в день, що приблизно на 4 млн б.н.е в день нижче рівня передбаченого сценарієм STEPS [3]. Натомість ні сценарій DRS, ні сценарій STEPS поки що не свідчать про те, що попит на нафту досягнув свого піку[3].

3. Сценарій сталого розвитку (SDS) за яким у наступні 10 років передбачається різке збільшення амбіційності національних політик та інвестицій у екологічно-чисту енергетику, що в повній мірі дозволяє досягнути цілей сталого розвитку, включно з умовами Паризької Угоди, забезпеченням повного доступу до енергії та покращенням якості повітря[3]. Припущення щодо розвитку сфери охорони здоров’я та економіки відповідають аналогічним припущенням сценарію STEPS. Відповідно до сценарію SDS, 2019 рік став останнім роком, коли викиди CO₂ досягли свого пікового рівня. За сценарієм SDS, в наступні 10 років викиди CO₂ будуть на 10 Гігатон нижче, ніж у сценарії STEPS[3].

4. Новий Сценарій нульових викидів до 2050 року (NZE2050) є удосконаленою версією сценарію сталого розвитку[3]. Все більша кількість компаній та країн до середини століття має намір повністю переорієнтуватися на політику вуглецевої нейтральності[3]. Даний сценарій описує ті конкретні кроки, які необхідно виконати за наступні 10 років для досягнення даного

результату. Так, до прикладу, для 40% скорочення викидів CO₂ до 2030 року необхідно забезпечити 75% виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії та 50% продаж електромобілей у 2030 році, порівняно з 2,5% в 2019 році[3].

1.2 Аналіз функціонування автономних, гібридних систем електропостачання

На сьогоднішній час альтернативні джерела енергії є головною перспективою розвитку з питань ресурсоефективності підприємств. Зміна клімату, ріст цін на природні ресурси та оцінення переваг зеленої економіки спонукає уряди багатьох розвинених країн затверджувати нові законодавчі ініціативи як на національному так і на міжнародному рівні. Використання альтернативних джерел енергії впливає на конкурентно спроможність підприємств за рахунок скорочень витрат ресурсів: палива, відмова від токсичного матеріалу, зменшення обсягу викиду шкідливих речовин, тому саме застосування альтернативних джерел енергії є актуальною темою сьогодення.

Сонячна та вітрова відновлювальна енергетика випереджає інші види альтернативної енергетики за введенням нових потужностей (показано на рисунку 1.4).

На вересень 2020 року виробництво відновлюваними джерелами енергії - електростанціями, що використовують вітрову, сонячну енергію та енергію з біомаси (далі – ВЕС, СЕС, біомаса) порівняно з показником 2019 року збільшилось на 509,0 млн. кВт·год або на 85,7 %, та становило 1 103,2 млн. кВт·год[3]. Виробництво електроенергії за вересень 2020 року електростанціями інших видів (блок-станціями та іншими джерелами) порівняно з вереснем 2019 року зменшилось на 20,8 млн. кВт·год, або на 11,9%, та становило 153,4 млн. кВт·год [3]. Сектор інформаційно-аналітичної роботи 3 За 9 місяців 2020 року. Обсяг виробництва електричної енергії

електростанціями, які входять до ОЕС України, досяг 107 667,3 млн. кВт·год, що на 6 664,9 млн. кВт·год або на 5,8% менше порівняно з відповідним періодом 2019 року[3].

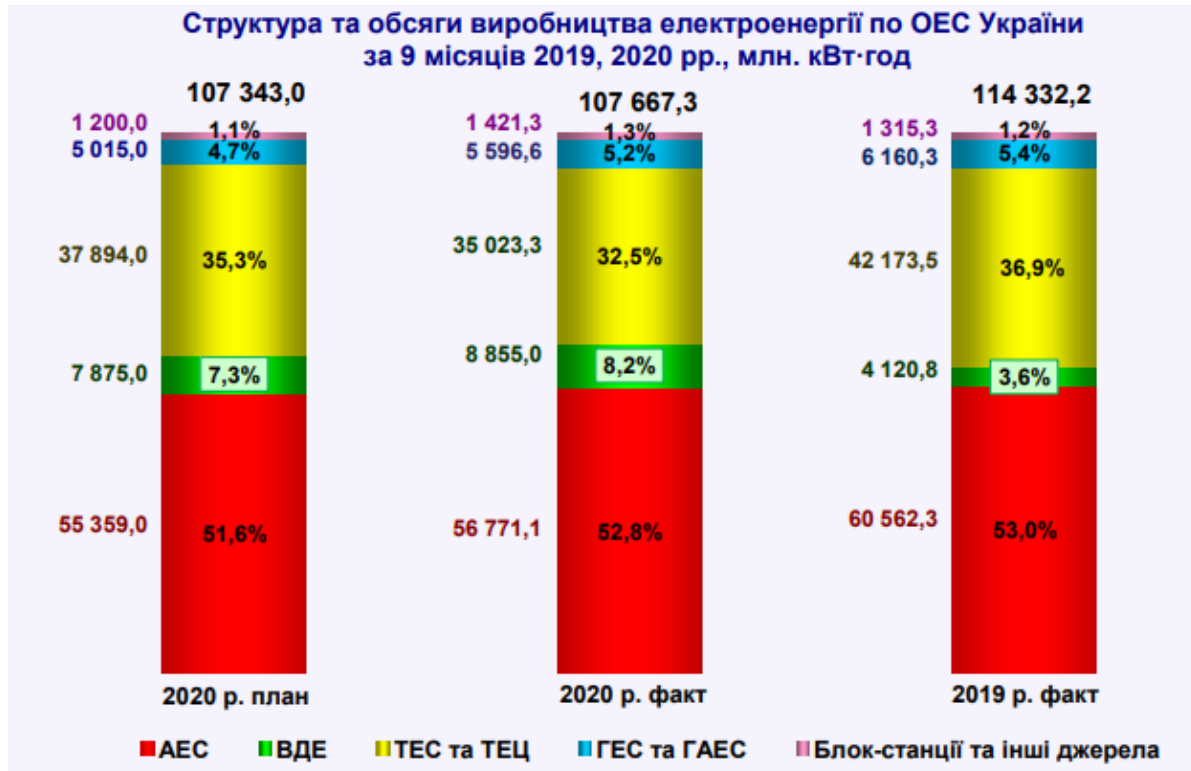


Рисунок 1.4 – обсяг виробництва електроенергії

Джерело: Енергетична стратегія України на період до 2030 р [3]

Атомними електростанціями за 9 місяців 2020 року вироблено електроенергії на 3 791,2млн. кВт·год, або на 6,3 % менше порівняно з аналогічним показником 2019 року, що становило 56 771,1 млн. кВт·год[3]. Коефіцієнт використання встановленої потужності з початку 2020 року становив 62,4%, що на 4,4 в. п. менше відповідного показника минулого року [3].

Після прийняття в 2017 році Закону України «Про ринок електричної енергії»[4] сектор відновлюваної енергетики розвивається швидкими темпами. Для переходу на ВДЕ уряд запровадив «зелені» тарифи, які сумісні з пільговими тарифами ЄС: безпечний «зелений» тариф надавався до 2030 року і визначається Законом «Про електроенергетику»; тарифи встановлювалися в

євро – нульовий валютний ризик у гривні; закон гарантує закупівлю 100% енергії, виробленої з ВДЕ, оптовим оператором; закон визначає, що бонус за використання українського устаткування надається на рівні 5-10% додатково до існуючого стимулюючого тарифу; угода про закупівлю електроенергії істотно захищає права інвесторів і кредиторів; національна комісія з регулювання енергетики відповідає за встановлення пільгових тарифів, ліцензування ВДЕ, надання та розподіл фінансової підтримки правомірним сторонам. Аукціони використовуються для запобігання монополії на українському ринку електроенергії з ВДЕ. Прозорий конкурс проводиться через електронну торгову систему ProZorro двічі на рік, восени і навесні, участь у торгах буде обов'язковою у 2020 році для проектів сонячної енергетики потужністю понад 1 МВт і вітряних електростанцій потужністю більше 5 МВт. До кінця цього року має відбутися перший пілотний аукціон. Компанія, яка виграє тендер, отримує підтримку уряду протягом наступних 20 років. Україна – це країна Європи, площа якої складає 603 549 км². Протягом року тут більше 290 днів є сонячними. Також земля країни унікальна родюча: сільськогосподарські угіддя займають 70% території, тобто біоенергетичний потенціал очевидний. Згідно зі звітом Національної академії наук та фонду Генріха Белля «Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року», Україна до 2050 року може на 91% задовольняти енергопотреби за рахунок використання ВДЕ. Такий перехід буде можливим як економічно, так і технічно. За оцінками фахівців, в енергобалансі з ВДЕ Україна може отримувати 45% – за рахунок енергії вітру, 36% – сонця, переробляти до 70% біомаси та біовідходів [5]. За даними Державного агентства з енергоефективності Україна має потенціал видобутку енергії сонця приблизно 730 мільярдів кВт-год. на рік, але технічно можливо 34/2 млрд кВт- год. на рік. За прогнозами 40/50% приватних домогосподарств будуть використовувати сонячні панелі на дахах будинків до 2030 року. Це збільшить попит на використання сонячних колекторів для підігріву води. Тож приватні

домогосподарства будуть забезпечені теплою водою протягом усього літа і приблизно на 15% взимку [5]

Аналіз інструментів регулювання ринку вказує на те, що основним інструментом для стимулювання розвитку ринку ВДЕ є законодавчі акти, які регулюють діяльність виробників та забезпечують підтримку з боку держави[6]. Система аукціонів та тендерів замінює систему зеленів сертифікатів, що також призводить до розвитку конкурентоспроможності ринку. Виробництво енергії з ВДЕ в Україні за жовтень 2019 р. збільшилось на 63,7% в порівнянні з жовтнем 2018 р.[7]. З 2020 року запускається система аукціонів та тендерів, яка замінить «Зелений сертифікат» та зробить ринок більш конкурентоспроможним. Була прийнята низка законів, які економічно захищають виробників енергії з ВДЕ (Закону України «Про ринок електричної енергії») [8]. З досвіду ЄС є доцільним розвивати ринок ВДЕ, оскільки ВДЕ сприяють зниженню витрат на паливо, поліпшують торгівельний та енергетичний баланс. Переробка твердих побутових відходів також є шляхом видобутку енергії [5]. З досвіду ЄС стосовно переробки можна зробити висновок, що такий спосіб видобування має великий енергетичний потенціал [5]. Станом на середину 2019 року переробляються тільки 10% твердих побутових відходів [5]. Тож розвиток даного сегменту може принести як економію в секторі опалення, а саме заміщення газу до 1 млрд м³ на рік[5].

1.3 Аналіз використання СЕС в Україні та інших країн

Територіально Україну можна поділити на чотири зони в залежності від інтенсивності сонячної радіації (показано на рисунку 1.5).



Рисунок 1.5 - Розподіл питомої сумарної сонячної радіації на території України протягом року

Джерело: Відновлювані Джерела Енергії в Україні [5]

Згідно інформації Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України кращими регіонами для перетворення сонячної енергії стали Миколаївська, Одеська, Херсонська області[7] як свідчать дані наведені в таблиці 1.1.

Середньорічний обсяг електроенергії, що виробляється електростанцією номінальною потужністю 10 кВт складає 6846 кВт·год/рік [7]. Цей показник можна порівняти з показниками більшості країн Західної Європи, де активно розвивається сонячна енергетика (показано на рисунку 1.6). тут посилання на [9]

Таблиця 1.1 – Середньомісячне значення інсоляції міст України

кВт·год/м²

Місяць Місто	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Середня за рік
Миколаїв	1,25	2,10	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Херсон	1,30	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6,00	5,29	4,00	2,57	1,63	1,04	3,55
Запоріжжя	1,21	2,00	2,91	4,20	5,62	5,72	5,88	5,18	3,87	2,44	1,25	0,95	3,44
Маріуполь	1,25	2,04	2,93	4,11	5,57	5,72	5,83	5,18	3,82	2,35	1,26	0,99	3,42
Кривий Ріг	1,23	2,02	2,95	4,20	5,57	5,55	5,77	5,12	3,81	2,45	1,25	0,99	3,41
Дніпро	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,70	5,08	3,66	2,27	1,20	0,96	3,36
Донецьк	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96	3,34
Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	3,34
Кропивницький	1,20	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96	3,30
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,90	3,26
Полтава	1,18	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25
Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,40	2,13	1,09	0,91	3,24
Суми	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,10	0,86	3,16
Ужгород	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	3,16
Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,30	5,16	4,68	3,21	1,97	1,10	0,9	3,11
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,10
Хмельницький	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,10	0,87	3,06
Житомир	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83	3,04
Чернігів	0,99	1,80	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3,00	1,86	0,98	0,75	3,03
Рівне	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81	3,01
Луцьк	1,02	1,77	2,83	3,91	5,05	5,08	4,94	4,55	3,01	1,83	1,05	0,79	2,99
Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5,00	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
Івано-Франківськ	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94
Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,4	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3,00	1,85	1,06	0,83	2,92

Вибір та кількість сонячних панелей здійснюється з огляду електричних характеристик, можливостей встановлення, потужності споживача, площі розміщення[7].

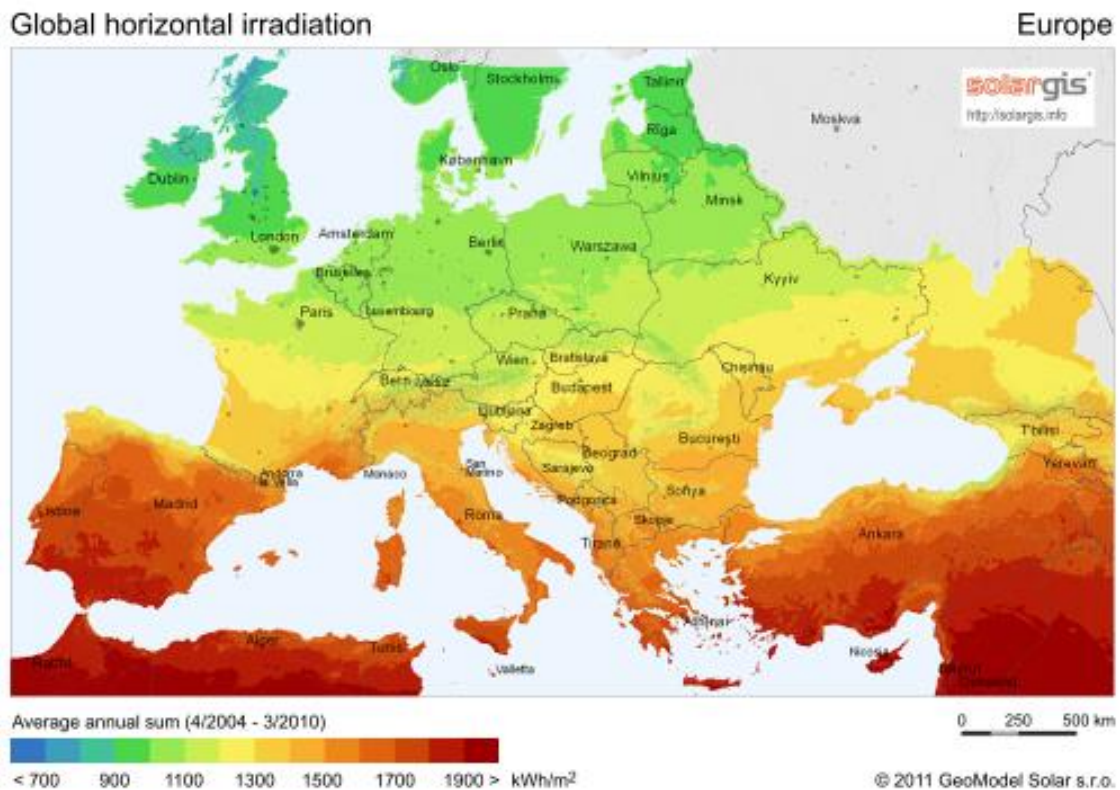


Рисунок 1.6 – Розподіл сонячної радіації по країнам Європи

Сучасний стан. Досвід країн ЄС та північної Америки свідчить, що сонячна енергія може використовуватись в промисловому масштабі навіть вночі [7]. В Іспанії і США є підприємства, що в темний час доби генерують електроенергію з тепла накопиченого в день [7]. Станції, що працюють на сонячній енергії (геліостанції), взагалі безшумні. Істотний недолік полягає у тому, що такі станції займають великі площі [7]. Кожен 1 МВт потужності СЕС потребує відведення щонайменше 1,5 га землі. Мінусом також є те, що вихід енергії – непостійний. На СЕС сьогодні припадає близько 4% виробленої електроенергії з відновлювальних джерел енергії у світі [7]. Перетворення сонячної енергії в електричну відбувається в основному за рахунок використання фотоелектричних елементів.

За допомогою енергії Сонця можна частково забезпечити електроенергією мешканців приватного сектору, (паралельно з роботою електричної мережі). Для цього використовуються фотоелектричні елементи, які розташовуються на даху будинку [10].

Сонячна енергетика та енергозбереження – загальносвітовий тренд. 2017 рік став знаковим для сонячної фотоелектричної енергетики – у світі ввели в експлуатацію найбільше сонячних потужностей порівняно з іншими типами технологій виробництва електроенергії [7]. На п'ять найбільших національних ринків – Китай, США, Індію, Японію і Туреччину – припадає майже 84% знову встановлених потужностей. Далі йдуть Німеччина, Австралія, Республіка Корея, Великобританія та Бразилія. За сукупною потужністю лідирують Китай, США, Японія, Німеччина, Італія та Індія (показано на рисунку 1.7).

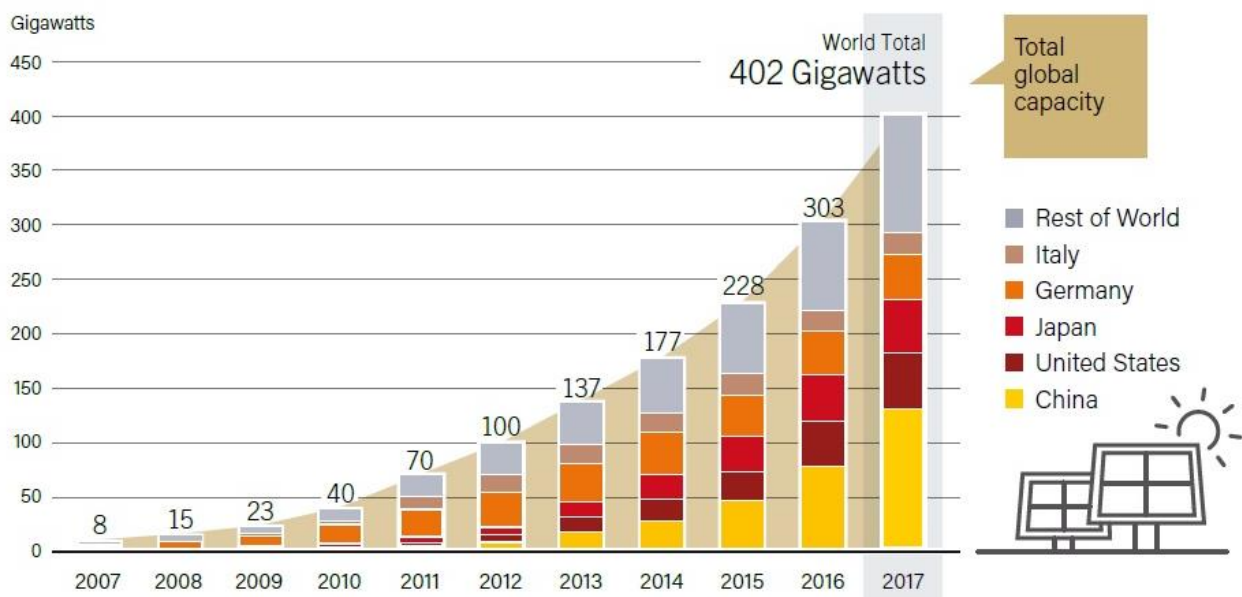


Рисунок 1.7 – Глобальна потужність сонячних фотоелектричних систем по країнам або регіонам, 2007-2017рр

Створення карти сонячної інсоляції в Україні стало необхідною частиною в розвитку альтернативної енергії в нашій країні [7]. Для підтримки розвитку відновлювальної енергетики прийнято було закон про зелений тариф, що дозволяє купляти державі електроенергію, отриману екологічно чистим способом за високою ціною[5]. Най більшої перспективи в розвитку енергетики та серед джерел поновлювальної енергії вважаються саме сонячні електростанції, так як рівень інсоляції на 80% площі України становить не

менше 3 одиниць[5]. У порівнянні з іншими європейськими країнами це є високим показником для використання сонячної енергії[7].

Згідно даних карти сонячної інсоляції України (показано на рисунку 1.8) найефективніше сонячні панелі будуть працювати в таких областях [8]:

- Дніпропетровська
- Запорізьська
- Миколаївська
- Херсонська
- Одеська

Саме в цих областях України досягається най більш високий рівень інсоляції в 5 одиниць [8]. При сприятливих умовах в літній період цей показник може досягати 6 одиниць. Самими не сприятливими областями для будівництва сонячних електростанцій являються Чернівецька та Івано-Франківська області, так як показник сонячної енергії в даних областях не перевищує 3 одиниць. В всіх інших областях України показник сонячної інсоляції варіюється в межах 3-5 одиниць[7].

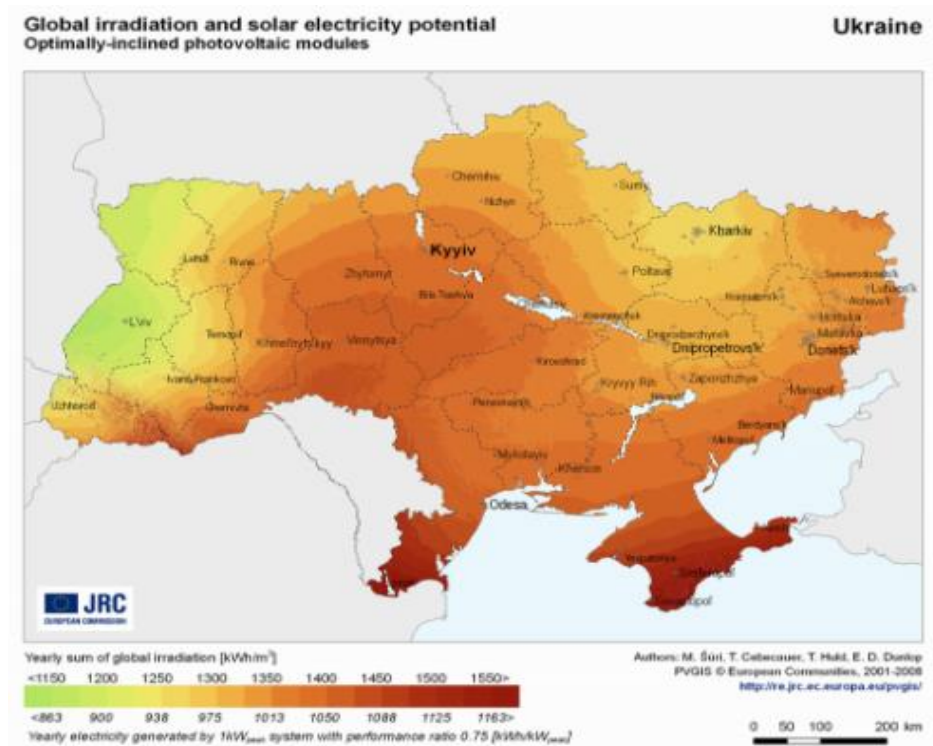


Рисунок 1.8 – Випромінювання і потенціал сонячної енергії в Україні

Переваги використання сонячної енергії для базових станцій мобільного зв'язку [11] :

- Відновлювальна сонячна енергія, що є по суті невичерпною;
- Відсутність шкідливих викидів під час експлуатації;
- Простота експлуатації
- Економія

До недоліків відносять:

- Погодні умови.
- Вартість обладнання
- Застосування АКБ

Результати досліджень. Збереження живлення будинків або інших об'єктів для забезпечення безперебійної роботи приладів під час відключення зовнішньої мережі можливе з системою резервного живлення [11] (представлено на рисунку 1.9). Основний показник, що необхідний для правильного розрахунку, є сумарна потужність електроприладів, які працюватимуть під час відсутності мережі та їх тривалість роботи [11]. Зі збільшенням вихідної потужності і тривалості роботи збільшується вартість системи, оскільки відбувається збільшення ємності АКБ і потужність інвертора.

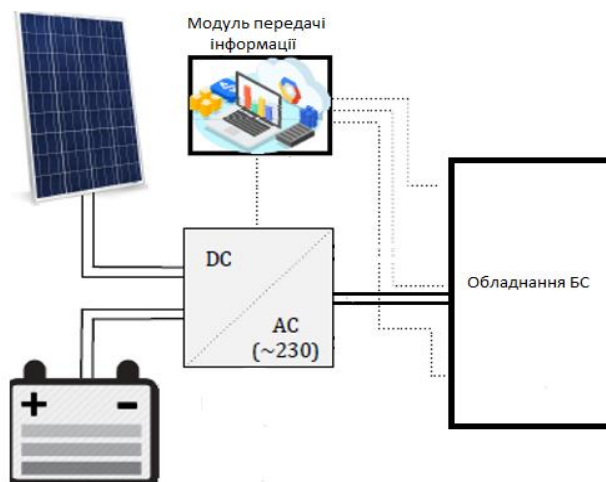


Рисунок 1.9 – Загальна електрична схема живлення автономної системи електропостачання

Оскільки сонячна батарея не може забезпечити постійний потік потужності для навантаження то встановлюється також акумуляторні батареї для короткочасного живлення [11]. АКБ здатні забезпечувати енергією на не довгий термін [11]. Перемикач підключений до основного пристрою обробки даних, який дозволяє підключати або відключення навантаження [11]. Підключення та відключення навантаження управляється алгоритмом, заснованим на двох параметрах [11]. Одне є пов'язане з інтенсивністю сонячного опромінення. Наприклад, якщо рівень напруги від сонячної батареї та АКБ не може утримувати напругу при номінальному значенні, то навантаження відключиться. Другий параметр - максимальний струм. Якщо велика потужність тоді навантаження відключається. Підключення / відключення користувачі можуть керувати відповідно до своїх налаштувань [11].

1.2.2 Досвід використання автономних, гібридних систем електропостачання в сфері зв'язку та інформатизації

Гібридна система електропостачання дозволяє застосовувати сонячні панелі, дизель-генераторні установки, та інші види ВДЕ для забезпечення електроживлення БС мобільного зв'язку.

Зростання попиту на стільниковий зв'язок операторів в таких регіонах світу як Азія та Африка, де якість сигналу залишається низькою через відсутність електричної мережі в деяких регіонах. Мобільні оператори вимушені застосовувати ДГУ для живлення БС мобільного зв'язку, а це в свою чергу призводить до величезних експлуатаційних витрат та викидів шкідливих речовин в атмосферу.

Також прикладом може послугувати країна Індія де згідно даних досліджень

4 мільйони БС мобільного зв'язку з них 80% підлягають вимкненню електроенергії протягом 8 годин на день [11]. В результаті споживання більше

2 мільярдів дизельного палива в рік, експлуатаційні витрати приблизно 1,5 мільярдів доларів США та виробляючи більше 5 тон викидів газу в атмосферу[11].

Для забезпечення потреб електроживлення БС мобільного зв'язку від СЕС існують наступні варіанти :

- Використання сонячних батарей і АКБ для живлення технологічного обладнання БС.

- СЕС та ДГУ. Живлення технологічної установки БС мобільного зв'язку здійснюється від сонячних батарей, але в разі погіршення погодних умов на тривалий термін застосовується ДГУ.

Актуальною темою зараз являється екологія, зменшення викидів газів в атмосферу. Тому використання в майбутньому ВДЕ відіграватиме значиму роль не тільки в сфері енергетики та економіки, але й усього світу.

Більшість економічно розвинених країн для вирішення питання проблем з подальшим розвитком та трансформації енергомережі знаходять в інтеграції мереж енергопостачання та інформаційно-комунікаційної інфраструктури[10]. Передбачається, що конвергенція мереж та впровадження інформаційних технологій в сфері енергозабезпечення дасть можливість створення інтелектуальної енергетичної мережі або інтелектуальної енергетичної системи не тільки регіонального, а й національного рівня[12]. Основними ідеологами розробки концепції виступили США та країни ЄС[12].

Для використання СЕС головним чином являється площа земельної ділянки та площа даху. Адже середнє значення для вироблення 1 мВт необхідно 1,5 Га землі для розміщення сонячного обладнання (представлено на рисунку 1.10).



Рисунок 1.10 – Живлення БС мобільного живлення від наземної СЕС

В Білорусії 2017 року запустили базову станцію мобільного зв'язку, яка підтримує стандарти GSM і 3G (UMTS-900), завдяки чому зможе забезпечити не тільки зв'язком, але і швидкісним інтернетом жителів довколишніх населених пунктів [13]. "Сонячна" базова станція буде працювати автономно - за більшість процесів відповідає комп'ютер, а за периметром спостерігатимуть камери відеоспостереження і датчики руху, а також сигналізація, яка спрацює при спробі проникнення [13].

Поруч з щоглою зв'язку закріплені 54 сонячні панелі загальною площею 77 кв.м, які сумарно видають до 14 кіловат електроенергії [13]. Сонячні батареї генерують постійний струм напругою 216 вольт, який трансформується до 54 вольт і подається на обладнання базової станції [13].

Так само сонячна енергія використовується і для зарядки промислових літій-іонних акумуляторів, завдяки їм щогла зв'язку зможе працювати в нічний час і похмуру погоду [13]. Без додаткової підзарядки вони зможуть жити базову станцію протягом восьми годин [13]. Взимку при дефіциті сонячного світла буде автоматично вмикатися резервна дизель-електростанція, в інші

сезони року вишка мобільного зв'язку зможе обходитися виключно відновлюваною енергією від сонячних батарей [13].

1.2.3 Аналіз технічних рішення систем електропостачання базових станції мобільного зв'язку

З врахуванням вище сказаного необхідна площа під розміщення БС мобільного зв'язку. Фотоелектричні модулі, що розташовуються над площею відведення для об'єктів, користується попитом через мобільність та простоту використання.

Наприклад такі модулі застосовуються на автостоянках. Так як площа над автостоянкою є незадіяною, то її можна використовувати для отримання ВДЕ.

Конструкції для фотоелектричних станцій на автостоянках являють собою навіси із металевого міцного каркасу з розташованими на них сонячними панелями [14]. Такі навіси бувають різних розмірів та з можливістю регулювання кута нахилу сонячних панелей[14]. Конструкції для фотоелектричних станцій на автостоянках можна умовно класифікувати за положенням, кількістю колон та кутом покрівлі[14]. Найпоширенішими варіантами такого конструктивного рішення є Т-обрамлення (представлено на рисунку 1.12), V-обрамлення (представлено на рисунку 1.13) та Portal-обрамлення (представлено на рисунку 1.11).



Рисунок 1.11 – Зображення конструкції з Portal – обрамленням

Вид застосування Т-рами з необрізаними консольними балками, мають колони в центрі конструкції.

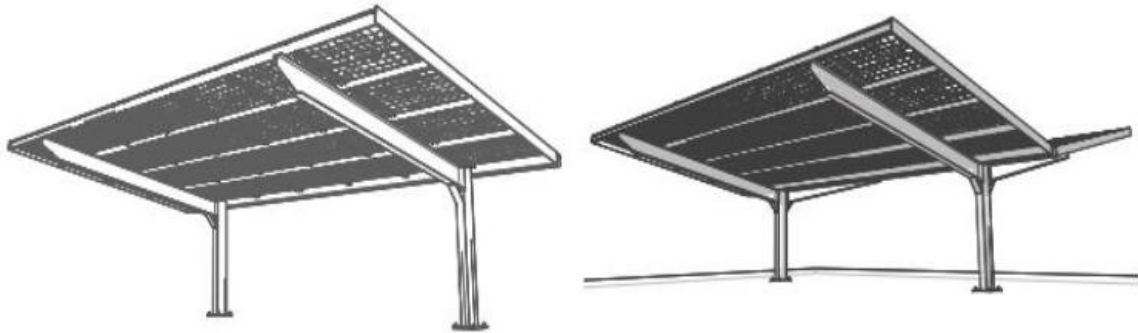


Рисунок 1.12 – Т-обрамлення конструкції (одинарний, подвійний)

Перевагою слугує навіс, а недоліком являються витрати через застосування сталевого матеріалу для підтримуючого зовнішнього каркасу установки.

Вид типу V-обрамлення оснащений підтяжними консолями, в яких використовується комбінація вертикальних балок та діагональних стійок ззовні. Перевагою такої конструкції забезпечення вільного простору для встановлення інверторів.

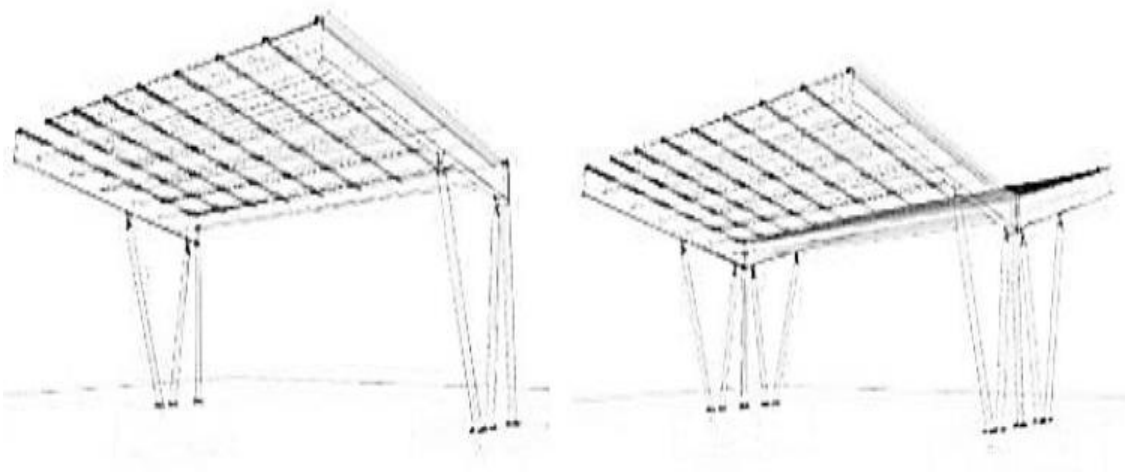


Рисунок 1.13 – тип обладнання з V – об'ємленням (одинарний, подвійний)

Перевагою такого типу є більша площа для розміщення панелей. Недоліком являється експлуатаційні витрати на підтримуючі сталеві фіксатори.

1.3 Аналіз нормативно-правового та нормативно-технічного забезпечення функціонування автономних систем електрозабезпечення.

Енергетична галузь в Україні зазнала кризи в 2014-2015 роках тому розвиток ВДЕ є дуже важливим для енергетичного становища країни [15].

Поступове зростання ціни на електроенергію потягом трьох років з 2015-2017 р. стало причиною зменшення обсягів вироблення електроенергії приватними споживачами, тому застосування ВДЕ є перспективним розвитком в Україні для приватних домогосподарств [15].

Введення в експлуатацію ВДЕ для приватних домогосподарств врегульовується правовими документами, що здійснюються в системі нормативно-правових актів з розрахунком на довгострокове користування.

Регулювання порядку експлуатації ВДЕ для приватних домогосподарств здійснюється через впорядкування нормативно-правових актів та поділеними за групами:

1) Політичного та правового характеру слугують для визначення основ державної політики регулювання виробітку ВДЕ приватними домогосподарствами, що регламентовані в Конституції України, стратегії розвитку;

2) Функціонування ВДЕ для приватних домогосподарств, що врегульовуються згідно вимог до Закону України «Про альтернативні джерела енергії»;

Україна об'єдналась разом з іншими країнами ЄС для створення єдиного європейського енергетичного ринку, створивши Протокол «Про приєднання України до Договору про заснування Енергетичного Співавторства» від 15.12.2010 р. Підписанням цього Договору Україна шляхом приєднання взяла

на себе зобов'язання з адаптування українського законодавства до принципів, вимог, норм ЄС та правил енергетичної галузі в сфері ВДЕ. Згідно умов даного договору Україна зобов'язується дотримуватись вимог Директиви 2001/77/ЄС Європейського Парламенту та Ради «Про створення сприятливих умов продажу електроенергії з виробленням ВДЕ на внутрішньому ринку електричної енергії», що передбачає збільшення споживання електричної енергії, яка виробляється з ВДЕ [16].

Зробивши крок в розвиток ВДЕ Україна не тільки здешевлює енергетику роблячи при цьому її доступною для громадян, а ще й вирішує питання з екологією на підставі ст. 50 Конституції України та Закону України «Про охорону навколишнього середовища» [17].

Кабінет Міністрів України зазначив пріоритетні завдання розвитку відновлювальних джерел енергії, схваливши Енергетичну стратегію України періодом до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Основні напрямки державної політики в сфері енергетичного розвитку вказує стратегія з передбаченням цілей:

- Зниження економіки;
- Диверсифікація джерел постачання енергоресурсів;
- Підвищення безпеки в сфері енергетики та екології.

Енергетична стратегія України вказує на напрям розвитку енергетичної сфери країни та розвитку функціонування вітрових та сонячних джерел енергії.

Однією з технічних характеристик автономних джерел електроенергії є їх потужність. Правильне визначення потужності автономних джерел електроенергії дозволяє оптимізувати склад системи електропостачання. Заниження значень потужності електростанцій може призвести до перегріву обмоток синхронних генераторів, струмоведучих частин і їх виходу з ладу, а завищення значень потужності електростанцій приводить до нераціональної витрати коштів, недовантаження елементів електростанцій, зниженню коефіцієнту корисної дії й т.п. При виборі потужності автономних

електростанцій значну частину інформації одержують із аналізу режимів споживання електричної енергії.

Крім того «ч.6 ст.31 Закону про телекомунікації » [18] суб'єкти господарювання, які здійснюють будівництво телекомунікаційних мереж загального користування, можуть установлювати у приміщеннях, що їм належать на праві договору винаймання, телекомунікаційне устаткування, використовувати дахи будинків і технічні приміщення для встановлення антен та необхідного устаткування на підставі договору з власником приміщення[18]. Зважаючи на це, замовник будівництва вежі має укласти договір на використання чужого майна (частини даху будинку) з власником жилого будинку (орган місцевого самоврядування, об'єднання співвласників багатоквартирного будинку тощо)[18]. Держкомпідприємництва вважає, що в такій ситуації слід укласти договір сервітуту [18]. Однак, на наш погляд, може також укладатися і договір оренди.

Сервітут — договір на використання чужого нерухомого майна для задоволення потреб інших осіб, які не може бути задоволено іншим способом. Договір сервітуту може бути як відплатним, так і безвідплатним [19].

Згідно регламентування пунктів законів України про ринок електричної енергії [19]:

п. 85) ставка плати за лінійну частину приєднання - вартість створення одиниці довжини електричної мережі від найближчої точки в існуючих (діючих) електричних мережах (повітряна лінія, трансформаторна підстанція або розподільний пункт) оператора системи розподілу відповідного ступеня напруги, від якої необхідно здійснювати будівництво електричних мереж, до точки приєднання електроустановок замовника;

86) ставка плати за нестандартне приєднання потужності - встановлене Регулятором для кожного оператора системи розподілу значення складової вартості послуги з приєднання 1 кВт потужності, яке диференціюється за такими показниками:

тип електроустановки, що приєднується (електроустановка, призначена для виробництва електричної енергії, електроустановка, призначена для споживання електричної енергії);

категорія надійності електропостачання;

ступінь напруги у точці приєднання (110/35/10(6)/0,4 кВ);

замовлена потужність;

місцезнаходження електроустановки заявника (міська або сільська місцевість);

завантаженість трансформаторної підстанції;

87) ставка плати за стандартне приєднання - встановлене Регулятором на визначений строк для кожного оператора системи розподілу значення вартості послуги з приєднання 1 кВт потужності;

Оператора системи розподілу на відстань, що не перевищує 300 метрів по прямій лінії від місця забезпечення потужності до місця приєднання, яке диференціюється за ступенем потужності:

перший ступінь - до 16 кВт включно;

другий ступінь - від 16 кВт до 50 кВт включно.

Висновок до розділу 1

В даному розділі проведено аналіз функціонування СЕС, аналіз технічних рішень систем електропостачання базових станції мобільного зв'язку.

Проведено порівняльний аналіз поширених конструкцій фотоелектричних станцій, які класифікуються за положенням, кількістю колон та кутом покрівлі.

Проведено дослідження нормативно-правового забезпечення, щодо впровадження відновлювальних джерел енергії та аналіз сучасного стану розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні, в результаті аналізу інструментів регулювання ринку встановлено, що основним інструментом для

стимулювання розвитку ринку ВДЕ є законодавчі акти, які регулюють діяльність виробників та забезпечують підтримку з боку держави.

РОЗДІЛ 2 РЕЖИМИ РОБОТИ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАЗОВИХ СТАНЦІЙ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ ТОВ «ЛАЙФСЕЛЛ»

2.1 Обладнання та технічні рішення систем електрозабезпечення

Розглянемо базові станції мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл», що розташовані в Хмельницькій та Житомирській області Київського регіону. Загальна сума базових станцій мобільного зв'язку, що розглядається складає 40 шт. Нижче в таблиці 2.1 наведена загальна інформація щодо технічного обладнання ТОВ «Лайфселл».

Таблиця 2.1 – Загальна інформація БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл»

Номінальна потужність по договору $P_{\text{ном}}$, кВт	Площа ділянок для БС, м ²
7,0	10-20

Загалом кожна базова станція має потужність не більше 5 кВт, але згідно договору про електропостачання ТОВ «Лайфселл» вказується 7 кВт це обумовлюється тим, що все ж таки бувають виключення коли споживання перевищує 5 кВт тому необхідний запас для забезпечення електроживлення технологічного обладнання, однолінійна схема БС (представлена на рисунку 2.4). Базова станція мобільного зв'язку оснащена антенами, що бувають двох типів. Прямокутні панельні та круглі антени.

Прямокутні панелі

Саме через ці панелі телефон або модем зв'язується з керуючим блоком — базовою станцією [20]. Розташовують прямокутні панельні антени під різними кутами щоб забезпечити кращий зв'язок для абонентів [20]. Антени цього типу встановлюють не тільки зовні, але й всередині будівель для забезпечення кращого покриття зв'язку в приміщеннях будівель [20] (представлено на рисунку 2.1).

Відбиваючий екран панельної антени або рефлектор виконаний з алюмінію оснащений радіопередавачем з склопластикового матеріалу забезпечуючи обладнання до будь-яких ускладнень погодних умов. Перевага такого виду антени дозволяє забезпечувати покриття якісного сигналу на великі відстані.



Рисунок 2.1 – загальний вигляд панельних антен

Круглі антени

Інакше кажучи радіорелейні. Такий тип антен застосовується для зв'язку між базовими станціями, якщо інакшого зв'язку між ними немає. Антени бувають різних діаметрів і працюють в різних діапазонах[20] (представлено на рисунку. 2.2).

БС мобільного зв'язку представляє собою як термошафу, так і контейнер з певним технологічним обладнанням або вигорода в будинку. Саме в ТОВ «Лайфселл» най частіше використовують термошафу (стійка живлення) типу outdoor 6 U[20]. В стійку живлення подається три фази напругою 380 В[20]. Напруга подається в ввідний розподільчий щит де ведеться облік електричної

енергії на трьох полюсний 16 амперний автоматичний вимикач детальніше можна розглянути принципову однолінійну схему, що (приведено на рисунку 2.4). [20]. Як правило ввідний та груповий розподільчий щит встановлюють ззовні на стійці живлення[20]. В таблиці 2.2 та 2.3 наведене основне технологічне обладнання БС, що застосовується при експлуатації. В піковий режим АКБ споживання БС збільшується.



Рисунок 2.2 – загальний вигляд круглих антен

Направлена антена призначена для концентрації радіосигналу у вузький промінь шириною до 5° (представлено на рисунку 2.3). Даний тип антен використовується на кінцевих станціях для побудови радіорелейних інтервалів довжиною до 35 км (режим роботи точка-точка).

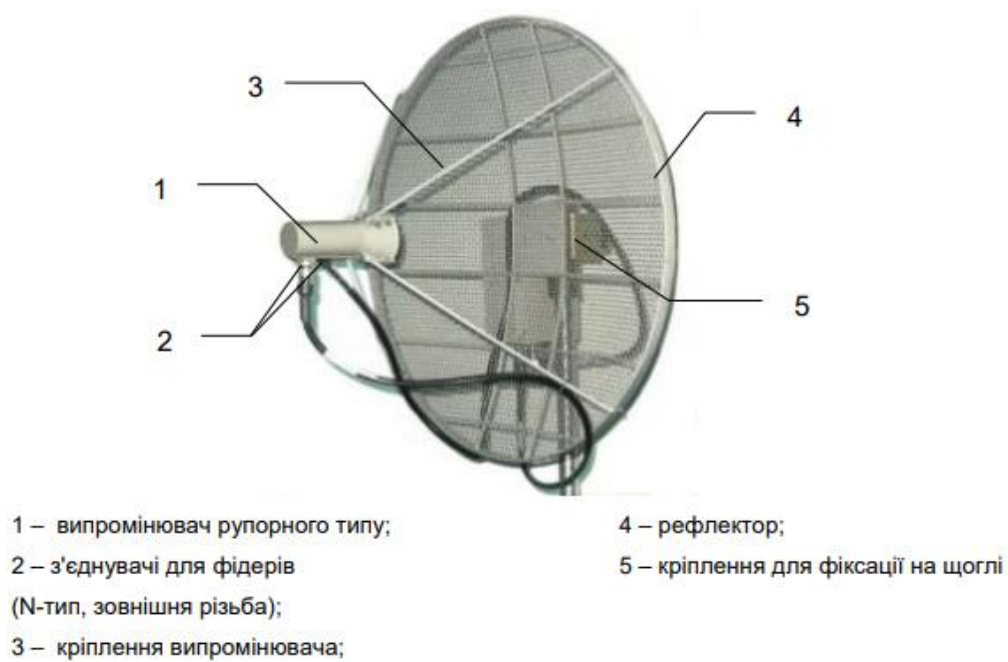


Рисунок 2.3 – загальний вигляд направленої антени

Таблиця 2.2 – Обладнання стійки живлення БС

Найменування	Характеристика	Опис
BBU блоки	Діапазон робочих температур BBU: – 20 С ~ + 55 С Робочий діапазони напруги : –38.4 V DC ~ 57 VDC Блок живлення перетворює 220 V AC в –48 V DC для роботи	BBU – блок обробки базових частот для внутрішньої установки всередині приміщення, яке забезпечує централізоване управління експлуатації та обслуговування, а також обробку сигналізації системи БС та забезпечує сигнал синхронізації
RRU блоки	RRU IP-65 Діапазон робочих температур RRU: – 40 С ~ +50 С. Робочий діапазони напруги : –36 V DC ~ –57 V DC (номинальное напряжение –48 V DC). Блок живлення перетворює 220 V AC в –48 V DC для роботи RRU	RRU – виносний радіочастотний блок. Забезпечує обробку сигналів основних частот та радіочастотних сигналів. Для охолодження RRU застосовується вмонтований куллер швидкість обертів куллера залежить від навантаження блоку управління. В стійці живлення встановлюють загалом 4. Робота блоків також залежить від навантаження БС загалом за нормальних обставин працює не більше 2 шт.
FLATPACK CEJ	При номінальній вхідній напрузі 230 V змінного струму випрямляч забезпечує вихідну потужність 1800 Вт (37.5 A і 48 V постійного струму). Випрямляч генерує максимальну вихідну потужність при навколишній температурі до + 45 ° С (+ 113 ° F) і зменшує вихідну потужність приблизно до 85%, якщо температура досягає 55 ° С	Flatpack – випрямляч, що призначений для автономного використання.
АКБ	Напруга АКБ 2,4 В на елемент, які можуть бути встановлені у виробничих приміщеннях загального призначення відповідно до ПУЕ 2017 рекомендацій фірм - постачальників	Акумулятори закритого типу з рекомбінацією газів. АКБ застосовуються для резервного постачання на момент відключення БС від мережі постачання електричної енергії
ТЕКО 6U	-	Шафа живлення
Електричний щит ЩО та ГРЩ	ЩО IP-54 трьохфазний з 2-ма 3р С16А АВ та лічильником ISKRA MT174 D1 електронний трьохфазний 3-5(85А) ГРЩ IP-54 Оснащений : Ввідним АВ 3р С32А Перекидним перимкачем - 63А Розетка I=32А На виході з ГРЩ 3р20А АВ Резервний 3р С20А АВ Диференційний автомат I=30мА С16А 1р	ЩО: Для обліку електричної енергії використовують лічильник типу ISKRA В щитах для захисту обладнання застосовують 3р АВ В ГРЩ за допомогою розетки та спеціального відводу підключається ДГУ за допомогою перемикача переходить з режиму постійного живлення на ДГУ живлення. ГРЩ безпосередньо здійснює живлення шафи outdoor.

Таблиця 2.3 - Обладнання контейнеру БС

№ п/п	Найменування обладнання	Характеристика	Опис
1	Стійки живлення outdoor, блоки RRU та BBU, стійка системи передач, СЕЖ Flatpack	Flatpack 1800 48V. BBU: Діапазон робочих температур BBU: $-20\text{ C} \sim +55\text{ C}$ Робочий діапазони напруги : $-38.4\text{ V DC} \sim -57\text{ VDC}$ Блок живлення перетворює 220 V AC в -48 V DC для роботи RRU: Діапазон робочих температур RRU: $-40\text{ C} \sim +50\text{ C}$. Робочий діапазони напруги : $-36\text{ V DC} \sim -57\text{ V DC}$ (номинальное напряжение -48 V DC) Блок живлення перетворює 220 V AC в -48 V DC для роботи RRU	Шафа outdoor живить АКБ та телекомунікаційне устаткування. оснащення outdoor: модульний блок, що складається з блоків базових сигналів BBU , і декількох виносних радіоблоків RRU для формування потужного мобільного сигналу. Flatpack – зарядний пристрій для АКБ і випрямляч для автономного використання, або в якості стійки електроживлячої установки, керування здійснюється за допомогою пристрою моніторинга та контролю Flatpack MCU
2	Електричний щит, ел. лічильник, щит охоронно-пожежної сигналізації, світильник.	Захист IP-54, тип лічильника електронний трьохфзний 3-5(85A) ISKRA MT174 D1 , лампи розжарення потужність, аварійне освітлення світлодіодна лампа, щит охоронно-пожежної сигналізації потужністю -1,5 кВт	Живлення щита охоронно-пожежної сигналізації здійснюється за допомогою допоміжних АКБ . Для обліку електричної енергії застосовується лічильник.
3	Акумулятори (герметичні) з рекомбінацією газів	напругою 2,4 В на елемент, які можуть бути встановлені у виробничих приміщеннях загального призначення відповідно до ПУЕ 2017 рекомендацій фірм – постачальників	акумулятори закритого типу з рекомбінацією газів. АКБ застосовуються для резервного постачання на момент відключення БС від мережі постачання електричної енергії
4	Кондиціонер	Потужність-3кВт	Для охолодження обладнання в контейнері або вигородки

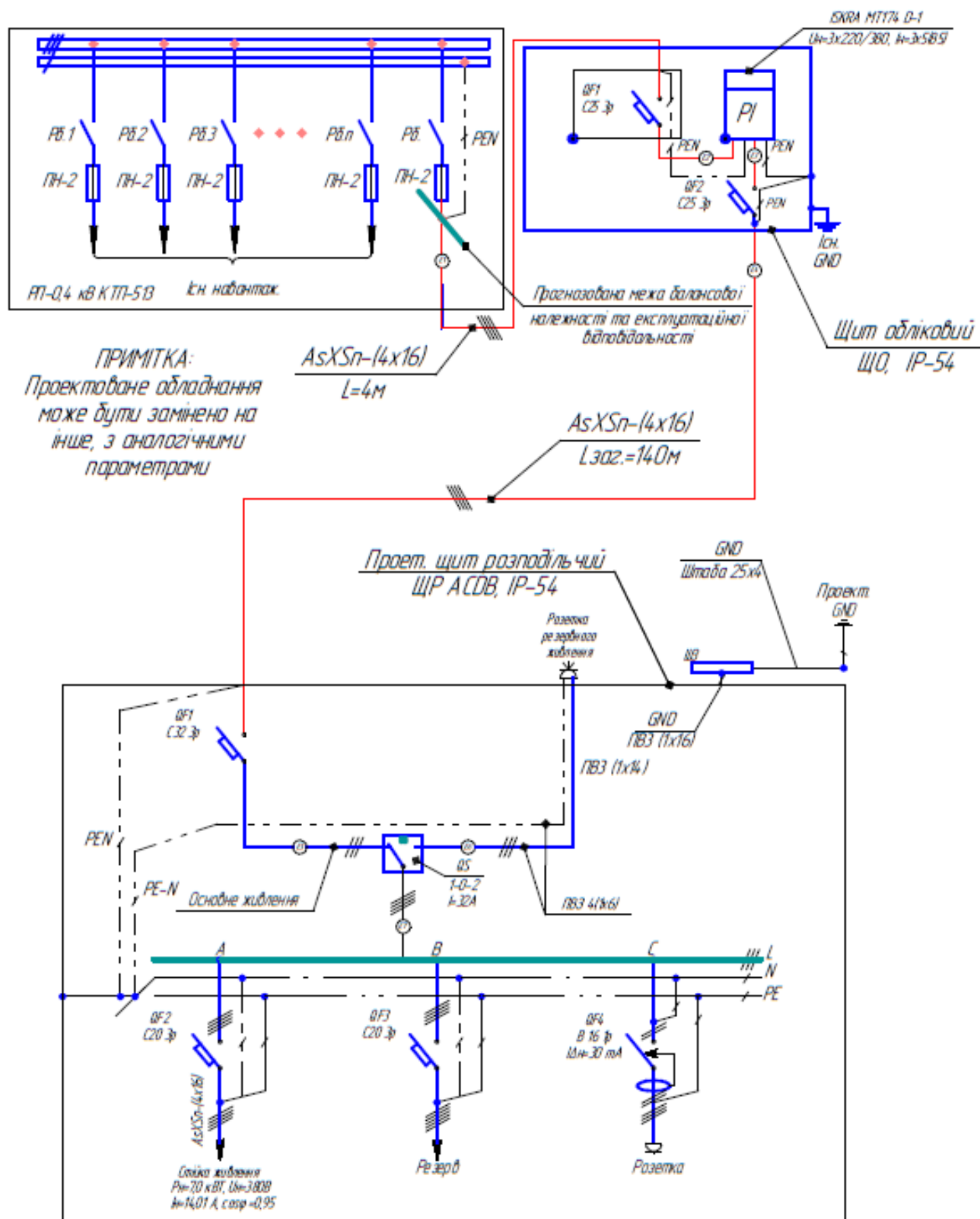


Рисунок 2.4- Принципова однолінійна схема

Згідно з вимогами до надійності електропостачання технологічні споживачі БС відносяться до III категорії електропостачання. Споживана потужність БС складає 7,0 кВт.

Електропостачання базової виконується кабельною лінією від існуючого РП- 0,4 кВ, розміщений всередині КТП - 513. Підключення відбувається від вихідних клем ПН чотирьох жильним самонесучим проводом AsXSn-(4x16).

Ввідний щит оснащений двома автоматичними вимикачами АВ 3р С25А та обліковим електронним трьохфазним лічильником типу ISKRA MT174 D1.

До проектного ввідного щита ТОВ «Лайфселл», що розміщується ззовні на КТП – 513 підводиться кабель живлення до ввідного автоматичного вимикача АВ 3р С25А. Вибір автоматичного вимикача в щиті обліку здійснюється з порівняння розрахунків струмів установки та номінального струму самого автоматичного вимикача.

Підключення до ГРП виконується за допомогою ввідного автоматичного вимикача АВ 3р С 32А та двох відхідних вимикачів АВ 3р С20 А при цьому один залишається в якості резервного. Всередині ГРП передбачене підключення до ДГУ (дизельно-генераторна установка) завдяки перекидному автомату відбувається переключення з зовнішньої мережі в режим генерації ДГУ, що дозволяє в свою чергу подальшу роботу БС без її відключення забезпечивши при цьому живлення всьому обладнанню.

Електроживлення технологічного навантаження передбачено від стійки з герметичними акумуляторними батареями, що забезпечують живлення у разі зникнення напруги у зовнішній електромережі . Час живлення, за допомогою акумуляторних батарей, встановлюється згідно нормативних документів ТОВ «Лайфселл» . Також для безперебійної роботи БС використовують генераторну установку ДГУ, що підключається до групового розподільчого пристрою стійки живлення. Загальний вигляд термощафи (представлено на рисунку 2.5).



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд термошафи ТОВ «Лайфселл»

Ядром мережі з яким з'єднані контролери базових станцій, є MSC (Mobile Switching Centre, центр мобільної комутації) — автоматична телефонна станція або комутатор. Саме MSC визначає, куди направляти дзвінки, а також обробляє дзвінки з зовнішніх мереж (міської, інших операторів) і посилає інформацію про тривалість розмов і замовлених послугах у білінговий центр[20]. Багаторівнева структура мережі необхідна для більш рівномірного навантаження — адже якби MSC, наприклад, повинен був здійснювати функцію хендвера та інші функції контролера базових станцій, навантаження на нього виросло б в рази. Для прокладених між регіонами опорних мереж використовуються оптоволоконні кабелі, що дозволяють миттєво передавати величезні потоки даних[20].

Звичне вам слово «сімка» походить від англійського скорочення SIM (Subscriber Identity Module, модуль ідентифікації передплатника). Кожна карта має IMSI (International Subscriber Identification Number, міжнародний розпізнавальний номер абонента, той найдовший номер, який написаний на ній дрібними цифрами) [20]. Коли ви включаєте телефон, він передає цей

номер на БС, звідки він потім іде на BSC і далі на MSC. MSC запрошує операторську базу даних (HLR) про наявність такого абонента, і про те, чи можна йому надавати послуги зв'язку (чи заплатив він, чи підключені вони), а потім прописує його в VLR — часовий базі даних абонентів, що знаходяться в зоні дії даного MSC (це включає як і абонентів даної мережі, так і роумерів — абонентів інших мереж, у даний момент підключених до неї)[20].

GSM (спочатку походить від Groupe Spécial Mobile) — розроблений в Європі стандарт мобільного зв'язку, що фактично став світовим (хоча існують і інші стандарти, наприклад популярний в Америці CDMA). Цей стандарт був орієнтований впершу чергу на голосову передачу даних. Мережі третього покоління (UMTS), які іноді для свідчення спадкоємності називають 3GSM і в яких використовується протокол HSDPA, що значно збільшує швидкість передачі, вже більше заточені саме під дані, хоча за відсутності GSM-мережі через 3G все ж можна зробити дзвінок. Що ж стосується LTE, мережі 4 покоління, то вона повністю оптимізована для високошвидкісної передачі даних (хоча багато залежить від розвитку в операторів мобільного зв'язку «транспортної мережі» — сукупності ресурсів і можливостей по передачі великих обсягів інформації та розподілу цих обсягів по базових станціях схему систем мобільного зв'язку (показано на рисунку 2.6).



Рисунок 2.6 – Схема системи мобільного зв'язку

2.2 Дослідження режимів роботи базових станцій мобільного зв'язку

Статистика по споживанню двох областей згідно даних наданих ТОВ «Лайфселл» 20 БС в Житомирській та 20 БС в Хмельницькій областях (представлено на рисунку 2.4-2.7)

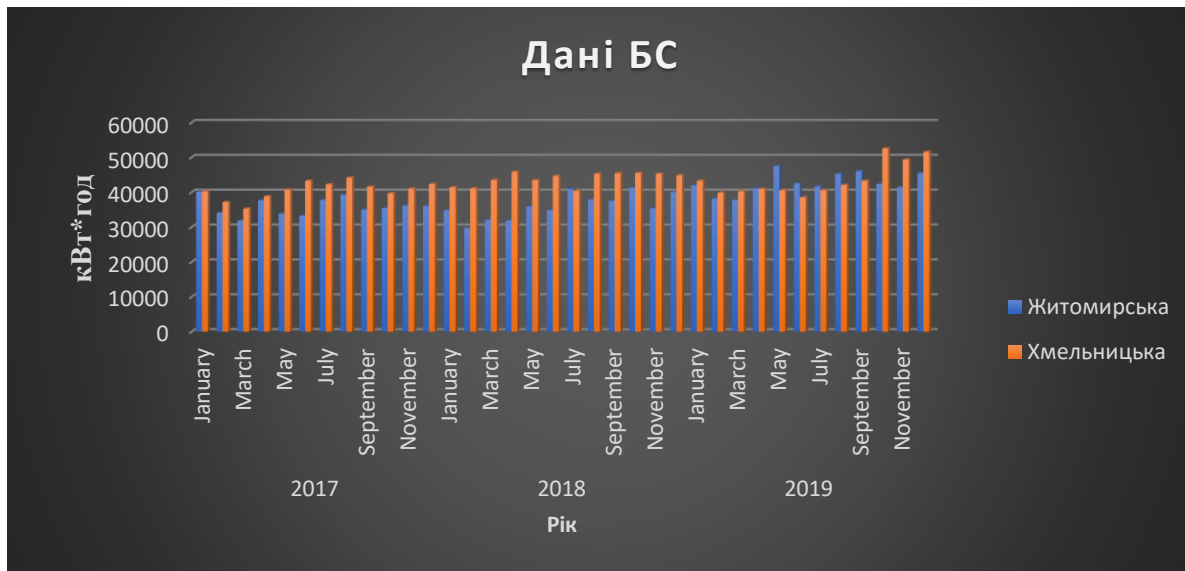


Рисунок 2.7– графік споживання за три роки по Житомирській та Хмельницькій області

Як бачимо згідно даного графіка в середньому Житомирська область споживає до 3 000 кВт год, а Хмельницька область до 5000 кВт год обумовлено тим що в Житомирській області використовуються здебільш термошафи, а в Хмельницькій області більше контейнери через те, що в контейнерах додатково встановлюють систему кондиціонування для охолодження внутрішнього обладнання споживання електричної енергії зростає. В піковий режим АКБ споживання БС збільшується.



Рисунок 2.8 – Графік споживання ел. ен. в Хмельницькій області



Рисунок 2.9 – Графік споживання ел. ен. в Житомирській області

В зимовий час застосовується панель нагріву для внутрішнього обладнання.

Спад та приріст споживання електричної енергії обумовлене самим розташуванням базових станцій чим ближче базові станції один до одного тим важче їм працювати на максимумі своєї потужності, а також в безперебійній роботі адже бувають і аварійні ситуації коли БС залишається на генеруванні.

Ось наприклад розглянемо на графіку одну з базових станцій що знаходиться в м. Житомир.

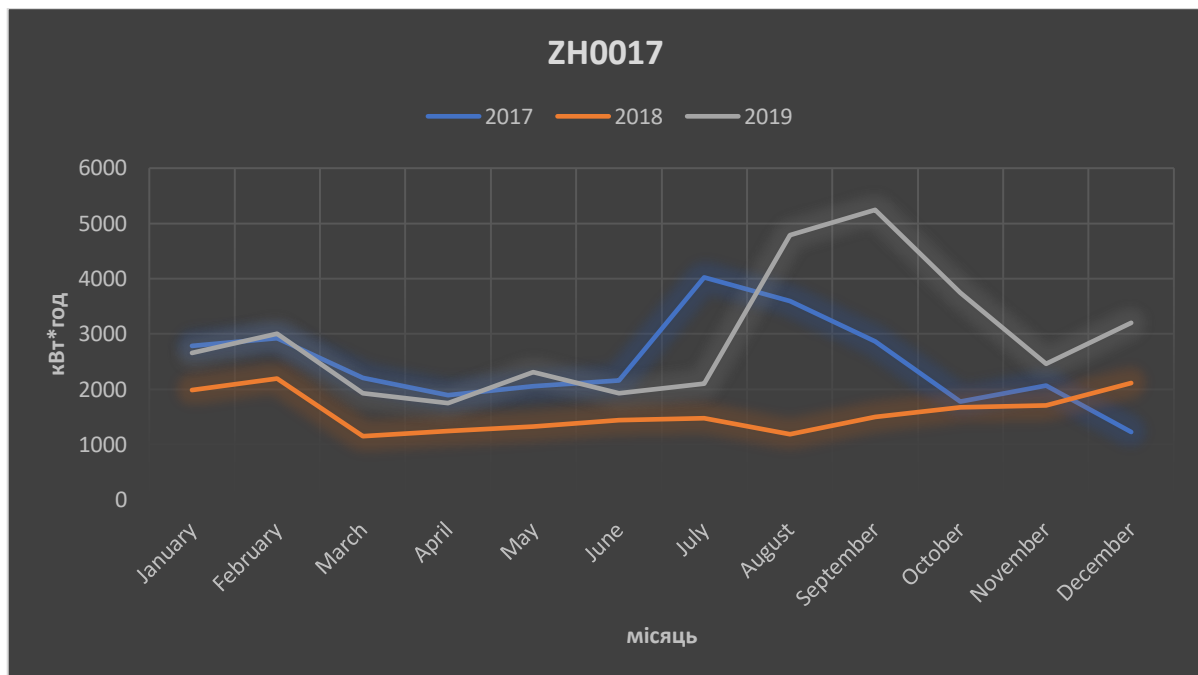


Рисунок 2.10– графік споживання базової станції ZH0017

Приріст споживання в літній період пов'язаний з використанням кондиціонера (спліт система). Система охолодження необхідна через наявність АКБ, а також різкий показник споживання електричної енергії БС обумовлюється використанням мобільним зв'язком абонентів.

Основна частина електроенергії витрачається як правило в під системі БС мобільного зв'язку безпроводних мереж. Най більша споживана частина енергії телекомунікаційного обладнання розсіюється всередині стійки живлення. Корисне споживання 720 Вт (18 передатчиків по 40 В) плюс енергія для забезпечення роботи прийому та вентиляторів охолодження в кінцевому

результаті половина енергії, що входить до БС мобільного живлення перетворюється на теплову.

В результаті аналізу БС та режимів роботи слід провести SWOT-аналіз, для розробки та прийняття управлінських рішень щодо впровадження системи автономного електрозабезпечення БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл» [4]

Таблиця 2.4 – SWOT-аналіз [4]

Переваги	Недоліки
<ul style="list-style-type: none"> - безперервна робота завдяки застосуванню АКБ, ДГУ, СЕС для забезпечення якісного та безперервного зв'язку ; - змога контролювання та моніторингу роботи БС диспетчерами завдяки застосуванню системи сповіщення про неполадку установки. - забезпечення зв'язком всередині приміщень будівель; - мобільність; - простота в експлуатації ; - відносна дешевизна установки . 	<ul style="list-style-type: none"> - Габаритність БС; - порушення селективності автоматичних вимикачів; - не кожна БС вкомплектована ДГУ, найчастіше потрібен виїзд персоналу для подачі ел. ен. за допомогою ДГУ.
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - застосування геоліосистем та сонячних панелей для меншого споживання ел. ен.; - зменшення габаритів БС для мобільності; 	<ul style="list-style-type: none"> - Пошкодження лінії живлення ; - погодні умови ; - несвоєчасна заміна АКБ ; - несвоєчасна реактування персоналу на аварію; - проблема з захистом обладнання БС, що розташована на землі (розкрадання та псування майна).

2.3 Методи та підходи щодо проектування фотоелектричного устаткування

Інтенсивність сонячного випромінювання залежить від щільності розподілів потоку, які надходить у відповідну точку локалізації споживача. Для використання статистичних методів, необхідно визначити функцію щільності розподілів інтенсивності сонячних випромінювань, котрі надходять, як випадкові величини [30].

Таку функцію можна визначити для будь-якої площі завдяки даним одержуваних сонячною інсоляцією за заданими проміжками часу [22].

Для розрахунку інтенсивності сонячної енергії, що надходить на похилу поверхню, яка поглинає промені, необхідно знати кути падіння сонячних променів на цю поверхню в даному місці [22]. Положення деякої точки А на земній поверхні щодо сонячних променів у даний момент часу визначається трьома основними кутами: широтою місцевості ϕ , годинним кутом ω і відміною Сонця δ (рисунок) [22]. Широта ϕ – це кут між лінією, що з'єднує точку А з центром землі О, та її проекцією на площину екватора (ОА*) [21]. Часовий кут ω – це кут, виміряний в екваторіальній площині між проекцією лінії ОА і проекцією лінії ОВ, що з'єднує центри Землі і Сонця. Кут $\omega = 0$ в сонячний полудень, щогодини відповідає 15° довготи, при цьому значення часового кута до полудня вважаються позитивними, а після полудня – негативними [21]. Схилення Сонця δ – це кут між лінією, що з'єднує центри Землі і Сонця ОВ та її проекцією на площину екватора (ОВ*) [22]. Схилення Сонця протягом року безперервно змінюється, від $-23^\circ 27'$ о у день зимового сонцестояння (22 грудня) до $+23^\circ 27'$ о в день літнього сонцестояння (22 червня) і дорівнює нулю в дні весняного та осіннього рівнодення (21 березня і 23 вересня відповідно) [22]. Схилення Сонця в будь-який день року можна визначити за формулою:

$$\delta = 23,45 \sin \left(360 \frac{284 + n}{365} \right), \quad (2.1)$$

де n – порядковий номер дня, відрахований від 1 січня, зазвичай береться номер середнього розрахункового дня місяця для I – XII місяців року[22]. Поряд із зазначеними основними кутами в розрахунках сонячної радіації використовують також зенітний кут z , кут висоти сонцестояння α і азимут Сонця (показано на рисунку 2.11).

Сонячна радіація визначається з кліматичних довідників або з табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Кліматичні дані

місяць	січень	лютий	березень	квітень	травень	червень
n	17	47	75	105	135	162
δ , град	-20,9	-13	-2,4	9,4	18,8	23,1
місяць	липень	серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень
n	198	228	258	288	318	344
δ , град	21,2	13,5	2,2	-9,6	-18,9	-23

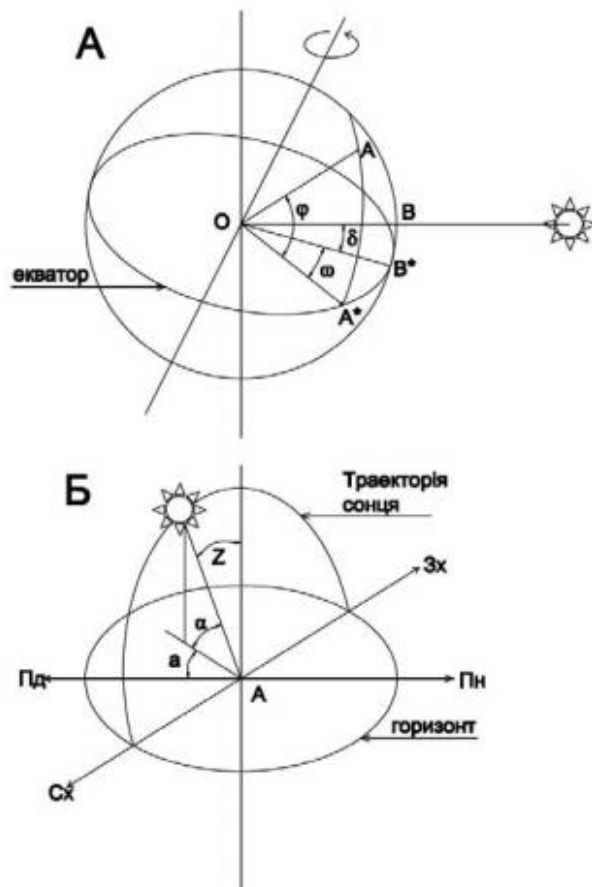


Рисунок 2.11 - Схема руху сонця по небосхилу

Точка А відповідає за кут наземній поверхні відносно сонячних променів точки Б. Зенітний кут Сонця z – це кут між сонячним променем і нормаллю до горизонтальної площини в точці А [22]. Кут висоти сонцестояння α – це кут у вертикальній площині між сонячним промінням та його проекцією на горизонтальну площину[22]. Сума кутів $\alpha + z$ дорівнює 90° [22]. Азимут Сонця ω – це кут у горизонтальній площині між проекцією сонячного променя і напрямком на південь[22]. Азимут поверхні Π α вимірюється як кут між нормаллю до поверхні і напрямком на південь. Зв'язок між додатковими та основними кутами встановлюється такими рівняннями:

зенітний кут:

$$\cos z = \cos \omega \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta + \sin \varphi \cdot \sin \delta; \quad (2.2)$$

кут висоти сонцестояння: $\alpha = 90 - z$, тому $\sin \alpha = \cos z$;

азимут Сонця:

$$\sin \alpha = \sec \alpha \cdot \cos \delta \cdot \sin \omega; \quad (2.3)$$

в полудень ($\omega = 0$) $\alpha = 0$ при $\varphi > \delta$ і $\alpha = \pi$ при $\varphi < \delta$. Максимальний кут висоти сонцестояння досягається в сонячний полудень, при $\omega = 0$, тобто

$$\alpha_{\max} = \frac{\pi}{2} - |\varphi - \delta| \quad (2.4)$$

При користуванні наведеними формулами для північної півкулі широта φ береться зі знаком «+», а для південної – зі знаком «-»; відхилення Сонця δ має знак «+» для літа (від весняного до осіннього рівнодення) і знак «-» в інші пори року. Кут ω змінюється від 0 у сонячний полудень до 180° опівночі, при $\omega = 90^\circ$ – знак «-». Азимут Сонця ω змінюється від 0 до 180° . Кут падіння сонячних променів на довільно орієнтовану поверхню, що має азимут α_{Π} і кут нахилу до горизонту β , визначається за формулою:

$$\cos i = \sin \beta \cdot [\cos \delta \cdot \cos \alpha_{\Pi} \cdot \cos \omega + \sin \alpha_{\Pi} \cdot \sin \omega] \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \alpha_{\Pi} + \cos \beta \cdot (\cos \beta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \omega + \sin \delta \cdot \sin \varphi); \quad (2.5)$$

Це співвідношення має важливе практичне значення, оскільки при куті падіння прямого сонячного випромінювання на скляну поверхню (прозоре покриття СК) під кутом понад 60° пропускна здатність скла різко зменшується, це необхідно враховувати при проведенні теплових розрахунків

сонячних колекторів. Вираз (5) також може бути використано для розрахунку можливого затінення геліополя від різного роду об'єктів, розташованих у районі геліосистеми. Кут падіння променів на горизонтальну поверхню можна отримати, підставивши в формулу (5) значення $\beta = 0$:

$$\cos i = \cos \omega \cdot \cos \varphi \cdot \cos \delta + \sin \varphi \cdot \sin \delta; \quad (2.6)$$

Кут падіння променів на вертикальну поверхню ($\beta = 90^\circ$) :

$$\begin{aligned} \cos i = \cos \delta \cdot (\sin \varphi \cdot \cos \alpha_{\Pi} \cdot \cos \omega + \sin \alpha_{\Pi} \cdot \sin \omega) \\ - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \alpha_{\Pi}; \end{aligned} \quad (2.7)$$

Для нахиленої поверхні з південним орієнтуванням ($\alpha_{\Pi} = 0$) маємо:

$$\cos i = \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin \delta + \cos(\varphi - \beta) \cdot \cos \delta \cdot \cos \omega; \quad (2.8)$$

Інтенсивність (щільність) потоку сонячної радіації для будь-якого просторового положення сонячного колектора в довільний момент часу можна визначити за формулою:

$$J = J_S P_S + J_D P_D; \quad (2.9)$$

де J_S і J_D – інтенсивності потоків прямої і розсіяної сонячної радіації, що падають на горизонтальну поверхню; P_S і P_D – коефіцієнти положення сонячного колектора для прямої і розсіяної сонячної радіації відповідно. Коефіцієнти положення сонячного колектора можна розрахувати за формулами:

$$P_D = \frac{\cos^2 \beta}{2}; \quad (2.10)$$

$$P_S = \frac{\cos i}{\sin i}. \quad (2.11)$$

Для забезпечення уловлювання максимальної кількості (за розрахунковий період) сонячної енергії колектор встановлюють у похилому положенні з оптимальним кутом нахилу до горизонту β , який визначається розрахунковим шляхом і залежить від періоду експлуатації. При південній орієнтації сонячних колекторів $\beta = \varphi$ для цілорічних геліосистем; $\beta = \varphi - 15^\circ$ для сезонних геліосистем (період експлуатації квітень – жовтень). Для сезонних геліосистем співвідношення (4) набуде вигляду:

$$\cos i = 0.259 \sin \delta + 0.966 \cos \delta \cdot \cos \omega; \quad (2.12)$$

для цілорічних:

$$\cos i = \cos \omega \cdot \cos \varphi \quad (2.13)$$

Розрахунок надходження сонячної радіації на похилі поверхні може бути виконаний таким способом. При визначенні щільності сонячної радіації, що надходить на похилу поверхню, її слід розділяти на пряму $Q_{\text{пр}}$ та розсіяну $Q_{\text{розс.}}$ складові.

Потік прямої сонячної радіації $Q_{\text{пр}}$ слід розглядати як векторну величину. Потік прямої сонячної радіації, що надходить на похилу поверхню $Q_{\text{пох}}$ можна визначити залежністю:

$$Q_{\text{пох}} = Q_{\text{гор}} \cos \beta + Q_{\text{вр}} \sin \beta, \quad (2.14)$$

де $Q_{\text{пох}}$ та $Q_{\text{гор}}$ - потік прямої сонячної радіації відповідно на горизонтальну і вертикальну площини; β – кут нахилу поверхні до горизонту.

При розрахунку геліосистем, як правило, необхідно знати середні надходження прямої сонячної радіації за добу по місяцях року. Для перерахунку середніх добових надходжень прямої радіації з горизонтальної поверхні на вертикальну вводиться коефіцієнт перерахунку k , залежно від орієнтації поверхні, географічної широти місцевості та пори року [23]:

$$Q_{\text{вр}} = k Q_{\text{гор}}; \quad (2.15)$$

Отже, надходження сонячної радіації на довільно орієнтовану поверхню визначається за залежністю, в основу якої покладена закономірність надходження прямої сонячної радіації на горизонтальну поверхню:

$$Q_{\text{пох}} = Q_{\text{гор}} (\cos \beta + k \sin \beta), \quad (2.16)$$

Показник України (1 074,1 кВт·год/кВт та 12,3 %) знаходиться трохи нижче середньо європейського рівня (1 121,5 кВт·год/кВт та 12,8 %), що є досить непоганим результатом. Зокрема, ефективність роботи сонячної енергетики

України є вищою ніж у Франції (1 063,5 кВт·год/кВт та 12,1 %) та Греції (923,5 кВт·год/кВт та 10,5 %), що мають кращі показники інтенсивності сонячного випромінювання ніж Україна, а також Німеччини (874,8

кВт·год/кВт та 9,99 %) – загальносвітового лідера за встановленою потужністю сонячної енергетики. Такий результат ефективності роботи сонячної енергетики України обумовлений розміщенням сонячних електростанцій у південних регіонах, що мають більшу інтенсивність сонячного випромінювання ніж області центральної та північної України, а самі сонячні електростанції є потужними та сучасними об'єктами, які збудовані з використанням останніх технічних досягнень. Зонування по сонячному випромінюванню в Україні (наведено на рисунку 2.12).

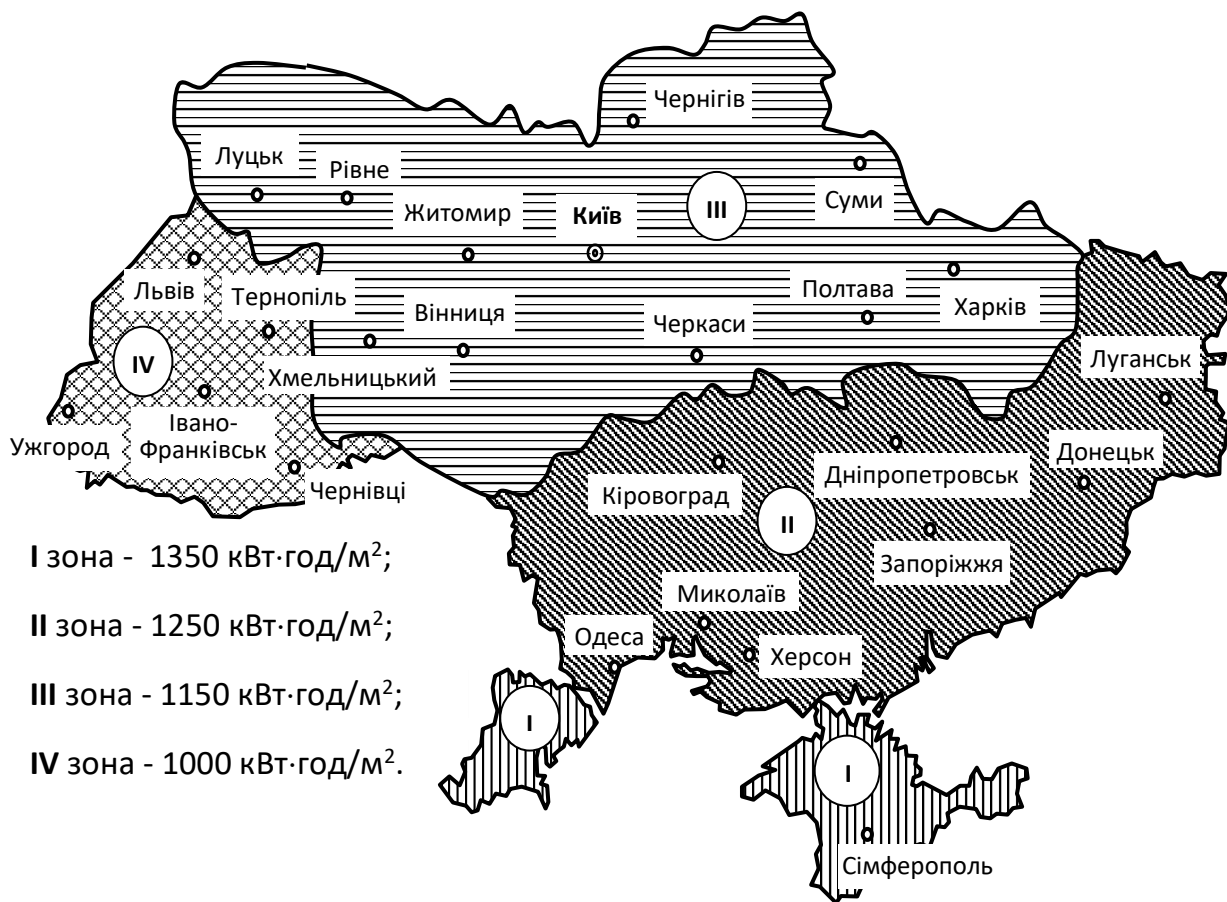


Рисунок 2.12 - Зонування інтенсивного сонячного випромінювання в Україні

Прихід сонячної радіації змінюється протягом дня та від місця до місця, особливо в гірських районах. Іррадіація змінюється в середньому від 1000 кВт·год/м² в рік для північноєвропейських країн, до 2000-2500 кВт·год/м² в рік

для пустель. Погодні умови та схиляння сонця (яке залежить від широти місцевості), також призводить до відмінностей в приході сонячної радіації.

В Україні, всупереч поширеній думці, дуже багато місць, де вигідно перетворювати сонячну енергію в електроенергію за допомогою сонячних батарей. Природно, в зимовий період вироблення енергії сонячними панелями істотно знижується, але все одно вартість електроенергії від сонячної електростанції залишається істотно нижче, ніж від дизельного або бензинового генератора. Особливо вигідно застосування сонячних батарей там, де немає централізованих електричних мереж і електрика з'являється за рахунок роботи дизель-генераторів.

Висновок до розділу 2

В даному розділі розглянуто комплектацію та перелік технологічного обладнання БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл».

Проведено аналіз споживання електричної енергії БС в Хмельницькій та Житомирській областях і встановлено, споживання до 3 000 кВт год, а Хмельницька область до 5000 кВт год обумовлено тим, що в Житомирській області використовуються здебільш термошафи, а в Хмельницькій області більше контейнери через те, що в контейнерах додатково встановлюють систему кондиціонування для охолодження внутрішнього обладнання.

За результатами аналізу ГЕН БС та режимів роботи проведено SWOT-аналіз з метою прийняття управлінських рішень щодо впровадження системи автономного електрозабезпечення БС.

Проведено аналіз методів та підходів щодо проектування фотоелектричного устаткування з врахуванням розподілів інтенсивності сонячних випромінювань та врахування кута падіння сонячних променів.

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ПРОЕКТОВАНОЇ СЕС ДО ІСНУЮЧОГО ПРОЕКТНОГО РІШЕННЯ БС

3.1 Проектні рішення системи електрозабезпечення базових станцій зв'язку

Розташування технологічного обладнання ТОВ «Лайфселл» може бути, як на землі так і на даху будівлі (показано на рисунку 3.1)



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд БС мобільного зв'язку
ТОВ «Лайфселл» за місцем розташування

Обладнання встановлюється згідно з планом розташування установки, що проектується відповідно до норм технологічного проектування і забезпечує вільний доступ до обладнання при його монтажі, налагодженні та експлуатації.

Електроживлення технологічного навантаження передбачено від стійки з герметичними акумуляторними батареями, яка забезпечує живлення у разі

зникнення напруги у зовнішній електромережі. Час живлення, за допомогою акумуляторних батарей, встановлюється згідно нормативних документів ТОВ «Лайфселл». Згідно з НПАОП 40.1-1.32-01 електричні кола в межах ВП, ВРП необхідно виконати проводами з мідними жилами [24]. Вибераємо ізолюваний провід ПВ-3 з перерізом 10 мм².

Облік електричної енергії. Для обліку електричної енергії в ЩО необхідно встановити електронний лічильник прямого включення типу ISKRA MT174 D1.

Характеристика вибраного лічильника:

- лічильник виміру активної енергії з класом точності – 1,0;
- кількість фаз – 3;
- номінальна напруга – 220/380 В;
- номінальний(максимальний) струм – 3х5(85) А;
- частота мережі – 50 Гц.

Розрахунок лінії електроживлення 0,4 кВ

Проектована лінія електропостачання виконана самонесучим ізолюваним проводом з алюмінієвими жилами AsXSn - (4х16). Потужність електропостачання складає 7,0 кВт. Робочий струм буде складати:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}; \quad (3.1)$$

$$I_p = \frac{7}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 11,21 \text{ А}; \quad (3.2)$$

Розрахунок перетину кабелю по нагріванню.

Згідно ПУЕ-2017 табл.1.3.12 допустимий тривалий струм для алюмінієвого проводу перетином 16 мм² дорівнює $I_{\text{дл.доп.}}=67 \text{ А}$. Отже, умова $I_p < I_{\text{дл.доп.}}$ виконується, оскільки

$$11,21 \text{ А} < 67 \text{ А}.$$

Висновок: допустимо тривалий струм проєктованого самоутримного проводу з алюмінієвими жилами AsXSn - (4x16) значно перевищує робочий струм.

Розрахунок перетину кабелю по падінню напруги

Відповідно до ГІД 34.20.178:2005 допустимі втрати напруги повинні не перевищувати $\Delta U = 6\%$ [25]. Коефіцієнти потужності складає $\cos\varphi = 0,95$; $\tan\varphi = 0,33$; припустиме спадання напруги дорівнює $\Delta U = 6\%$ [23].

Визначаємо момент активних і реактивних навантажень ділянки лінії:

$$M_a = \sum P \cdot l; \quad (3.3)$$

$$M_a = 7,0 \cdot 0,140 = 0,98 \text{ кВт} \cdot \text{км} \quad (3.4)$$

$$M_Q = \sum Q \cdot l; \quad (3.5)$$

$$M_Q = 7 \cdot 0,33 \cdot 0,140 = 0,32 \text{ кВт} \cdot \text{км}; \quad (3.6)$$

де $l = 0,140$ км – загальна довжина кабелю AsXSn - (4x16).

Визначаємо розрахункову величину втрати напруги:

$$\Delta U_a = \Delta U - \alpha_2 \cdot X_{L, \text{ср}} \cdot M_Q; \quad (3.7)$$

$$\Delta U_a = 6 - 0,69 \cdot 0,06 \cdot 0,32 = 5,99\% \quad ; \quad (3.8)$$

де α_2 – коефіцієнт, $\alpha_2 = 0,69$;

$X_{L, \text{ср}}$ – середній індуктивний опір, $X_{L, \text{ср}} = 0,06$.

Визначаємо перетин жил:

$$F = \frac{\alpha_1 \cdot M_a}{\Delta U_a}; \quad (3.9)$$

$$F = \frac{21,9 \cdot 0,98}{5,99} = 3,6 \text{ мм}^2 \quad (3.10)$$

де α_1 – коефіцієнт, $\alpha_1 = 21,9$.

Розрахунок показує, що перетин кабелю відповідає споживаній потужності, оскільки

$$3,6 \text{ мм}^2 < 16 \text{ мм}^2;$$

Перевіряємо розрахункову величину падіння напруги:

$$\Delta U = \frac{\alpha_1 \cdot M_a}{F}; \quad (3.11)$$

$$\Delta U = \frac{21,9 \cdot 0,98}{16}; \quad (3.12)$$

Перевірочний розрахунок показує, що проєктований перетини кабелю задовольняє розрахункові умови. Вибираємо провід з алюмінієвими жилами AsXSn – (4x16).

Обґрунтування вибору ввідного автоматичного вимикача ВРП.

Для захисту від перевантажень та короткого замикання, в ВРП необхідно встановити ввідний автоматичний вимикач ЕТІ типу ЕТІМАТ6 3р С16 з $I_n=16A$.

Розрахункова потужність електрообладнання складає 7,0 кВт.

Максимально робочий струм буде складати:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}; \quad (3.13)$$

$$I_p = \frac{7}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95} = 1,21A \quad ; \quad (3.14)$$

Для уставки спрацювання комбінованого розчеплювача автоматичного вимикача, коефіцієнт запасу, який враховує неточність у визначенні максимального короткочасного струму лінії і розкид характеристик електромагнітних розчеплювачів автоматичних вимикачів, складає $K_3=1,25$.

Розрахунковий номінальний струм уставки автоматичного вимикача складає:

$$I_{\text{роз.ном.уст.}} = K_3 \cdot I_p = 1,25 \cdot 11,21 = 14,01A \quad ; \quad (3.15)$$

Автоматичний вимикач з номіналом уставки найближчим до розрахункового – 16А. Отже, умова $I_{\text{роз.ном.уст.}} < I_{\text{ном.уст.}}$ виконується, оскільки:

$$14,01A < 16A.$$

Тоді, ввідний автоматичний вимикач ЕТІМАТ6 3р С16, який необхідно встановити в ЩО задовільняє розрахункові умови.

3.2 Розрахунок режимів роботи СЕС відповідно до сценаріїв

Згідно даних Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України табл. 3.1, що до використання сонячної і вітрової енергії кращими областями являються Миколаївська, Херсонська, Одеська. Середньорічне споживання в Житомирській області складає 3,04 кВт·год/м² але на протязі травня -серпня показник зростає до 5,19 кВт·год/м². Середньорічне споживання в Хмельницькій області складає 3,06 кВт·год/м² але на протязі травня -серпня показник зростає до 5,21 кВт·год/м².

Таблиця 3.1 - Середньомісячне значення інсоляції міст України кВт·год/м²

Місяць Місто	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень	Середня за рік
Миколаїв	1,25	2,10	3,07	4,38	5,65	5,85	6,03	5,34	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Одеса	1,25	2,11	3,08	4,38	5,65	5,85	6,04	5,33	3,93	2,52	1,36	1,04	3,55
Херсон	1,30	2,13	3,08	4,36	5,68	5,76	6,00	5,29	4,00	2,57	1,63	1,04	3,55
Запоріжжя	1,21	2,00	2,91	4,20	5,62	5,72	5,88	5,18	3,87	2,44	1,25	0,95	3,44
Маріуполь	1,25	2,04	2,93	4,11	5,57	5,72	5,83	5,18	3,82	2,35	1,26	0,99	3,42
Кривий Ріг	1,23	2,02	2,95	4,20	5,57	5,55	5,77	5,12	3,81	2,45	1,25	0,99	3,41
Дніпро	1,21	1,99	2,98	4,05	5,55	5,57	5,70	5,08	3,66	2,27	1,20	0,96	3,36
Донецьк	1,21	1,99	2,94	4,04	5,48	5,55	5,66	5,09	3,67	2,24	1,23	0,96	3,34
Луганськ	1,23	2,06	3,05	4,05	5,46	5,57	5,65	4,99	3,62	2,23	1,26	0,93	3,34
Кропивницький	1,20	1,95	2,96	4,07	5,47	5,49	5,57	4,92	3,57	2,24	1,14	0,96	3,30
Харків	1,19	2,02	3,05	3,92	5,38	5,46	5,56	4,88	3,49	2,10	1,19	0,90	3,26
Полтава	1,18	1,96	3,05	4,00	5,40	5,44	5,51	4,87	3,42	2,11	1,15	0,91	3,25
Черкаси	1,15	1,91	2,94	3,99	5,44	5,46	5,54	4,87	3,40	2,13	1,09	0,91	3,24
Суми	1,13	1,93	3,05	3,98	5,27	5,32	5,38	4,67	3,19	1,98	1,10	0,86	3,16
Ужгород	1,13	1,91	3,01	4,03	5,01	5,31	5,25	4,82	3,33	2,02	1,19	0,88	3,16
Вінниця	1,07	1,89	2,94	3,92	5,19	5,30	5,16	4,68	3,21	1,97	1,10	0,9	3,11
Київ	1,07	1,87	2,95	3,96	5,25	5,22	5,25	4,67	3,12	1,94	1,02	0,86	3,10
Хмельницький	1,09	1,86	2,87	3,85	5,08	5,21	5,04	4,58	3,14	1,98	1,10	0,87	3,06
Житомир	1,01	1,82	2,87	3,88	5,16	5,19	5,04	4,66	3,06	1,87	1,04	0,83	3,04
Чернігів	0,99	1,80	2,92	3,96	5,17	5,19	5,12	4,54	3,00	1,86	0,98	0,75	3,03
Рівне	1,01	1,81	2,83	3,87	5,08	5,17	4,98	4,58	3,02	1,87	1,04	0,81	3,01
Луцьк	1,02	1,77	2,83	3,91	5,05	5,08	4,94	4,55	3,01	1,83	1,05	0,79	2,99
Тернопіль	1,09	1,86	2,85	3,85	4,84	5,00	4,93	4,51	3,08	1,91	1,09	0,85	2,99
Івано-Франківськ	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,40	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94
Чернівці	1,19	1,93	2,84	3,68	4,54	4,75	4,76	4,4	3,06	2,00	1,20	0,94	2,94
Львів	1,08	1,83	2,82	3,78	4,67	4,83	4,83	4,45	3,00	1,85	1,06	0,83	2,92

Вибір та кількість сонячних панелей здійснюється з огляду електричних характеристик, можливостей встановлення, потужності споживача, площі розміщення. В якості споживача була обрана «Базова станція мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл».

Сонячні панелі бувають таких видів [26]:

- Монокристалічні панелі – побудовані на основі монокристалічних кремнієвих фотомодулів (елемент складається з одного однорідного кристалу кремнію).

Переваги:

- Високий рівень продуктивності 18-23% .
- Компактність за площею, а ефективність краще, ніж в полікристалічних панелей.
- Тривалий період експлуатації від 25-30 років.

Головним недоліком являється ціна.

- Полікристалічні панелі – зроблені на основі полікристалічних кремнієвих модулів (кожен елемент складається з великої кількості різнорідних кристалів кремнію та містить незначні домішки).

Перевагою полікристалічної панелі є доступна вартість.

До недоліків відносять:

- Низький показник продуктивності 14-18%;
- Габаритність;
- Чутливість до перепадів температури.

Для забезпечення електропостачанням БС мобільного зв'язку проведемо дослідження за такими сценаріями:

- Дослідження проектованої СЕС за земельними обмеженнями ;
- Дослідження проектованої СЕС при заявленій номінальній потужності 7 кВт для наземної БС;
- Дослідження проектованої СЕС при номінальній потужності 15 кВт.

1) Дослідження проектованої СЕС за земельними обмеженнями

Розрахунки автономної системи електропостачання.

Згідно коефіцієнта використання площі K_s розраховується, як відношення площі ділянки їх розміщення S до площі сонячних панелей S_p на покрівлі будинку[28]. Обираємо сонячну батарею з параметрами $2176 \times 1098 \times 35$ потужністю 490 Вт

$$K_s = S/S_p \quad (3.16)$$

$$K_s = 20/2,39 = 8 \text{ шт}$$

Знаючи статистику сонячної радіації за декілька років, ми маємо можливість спрогнозувати вироблення електроенергії фотоелектричними модулями в різних регіонах України [28]. Середній місячний рівень сонячної радіації, кВт·год/м²/день, в регіонах України наведено в таблиці 3.1.

Кількість енергії, Вт·год, що виробляється фотоелектричним модулем протягом дня, розраховується за формулою [27]:

$$W_{EE}^{\text{ФЕМ}} = P^{\text{ФЕМ}} \cdot k_{\text{ФЕМ}} \cdot T_{h\text{ФЕМ}} \quad (3.17)$$

$$P^{\text{ФЕМ}} = P_{1\text{ФЕМ}} \cdot n = 490 \cdot 8 = 3920$$

де $P^{\text{ФЕМ}}$ – номінальна потужність СЕС, Вт;

$k_{\text{ФЕМ}}$ - коригувальний коефіцієнт, що дорівнює 0,7 влітку і 0,5 в зимовий період, робить поправку на втрату потужності сонячних елементів при нагріванні на сонці, а також враховує похиле падіння променів на поверхню модулів протягом дня;

$T_{h\text{ФЕМ}}$ - кількість пікових годин, тобто умовний час, протягом якого сонце світить з інтенсивністю 1000 Вт/м², визначається як:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{E_{CI}^{CC}}{1000}; \quad (3.18)$$

де E_{CI}^{CC} – середньодобове значення інтенсивності сонячного випромінювання в даному місяці, Вт·год/м²/день; 1000 – інтенсивність світлового випромінювання при стандартних умовах випробувань фотоелектричних панелей, Вт/м².

Розрахунок за січень :

$$T_{h\Phi EM} = \frac{1010}{1000} = 1,01 \text{ год};$$

$$W_{\text{січ } 1\text{д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 1,01 = 1979,6 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{січ}} = 1979,6 \cdot 31 = 61367,8 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс.}} = 61,4 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за лютий:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{1820}{1000} = 1,82 \text{ год};$$

$$W_{\text{лют } 1\text{д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 1,82 = 3567,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лют}} = 3567,2 \cdot 28 = 99881,6 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 100 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за березень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{2870}{1000} = 2,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{бер } 1\text{д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 2,87 = 5625,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{бер}} = 5625,2 \cdot 31 = 174381,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 174 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за квітень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{3880}{1000} = 3,8 \text{ год};$$

$$W_{\text{квіт } 1\text{д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 3,88 = 10646,72 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{квіт}} = 10646,72 \cdot 30 = 31940,6 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 319,41 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за травень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{5160}{1000} = 5,16 \text{ год};$$

$$W_{\text{тр } 1\text{д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 5,16 = 14159,04 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{тр}} = 14159,04 \cdot 31 = 438930,24 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 439 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за червень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{5190}{1000} = 5,19 \text{ год};$$

$$W_{\text{чер } 1\text{д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 5,19 = 14241,36 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{чер}} = 14241,36 \cdot 30 = 427241 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 427 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за липень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{5040}{1000} = 5,04 \text{ год};$$

$$W_{\text{лип } 1\text{д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 5,04 = 13829,76 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лип}} = 13829,76 \cdot 31 = 428722,56 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 428,72 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за серпень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{4660}{1000} = 4,66 \text{ год};$$

$$W_{\text{серп } 1\text{д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 4,66 = 12787,04 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{серп}} = 12787,04 \cdot 31 = 396398,24 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 396,4 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за вересень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{3060}{1000} = 3,06 \text{ год};$$

$$W_{\text{вер } 1\text{д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 3,06 = 8396,64 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{вер}} = 8396,64 \cdot 30 = 251899,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 252 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за жовтень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1870}{1000} = 1,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{жовт 1д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 1,87 = 3665,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{жовт}} = 3665,2 \cdot 31 = 113621,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 114 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за листопад :

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1040}{1000} = 1,04 \text{ год};$$

$$W_{\text{листоп 1д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 1,04 = 2038,4 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{листоп}} = 2038,4 \cdot 30 = 61152 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 61 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за грудень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{830}{1000} = 0,83 \text{ год};$$

$$W_{\text{гр 1д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 0,87 = 1705,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{гр}} = 1705,2 \cdot 31 = 52861,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 53 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

На рисунку 3.2 представлена генерація СЕС

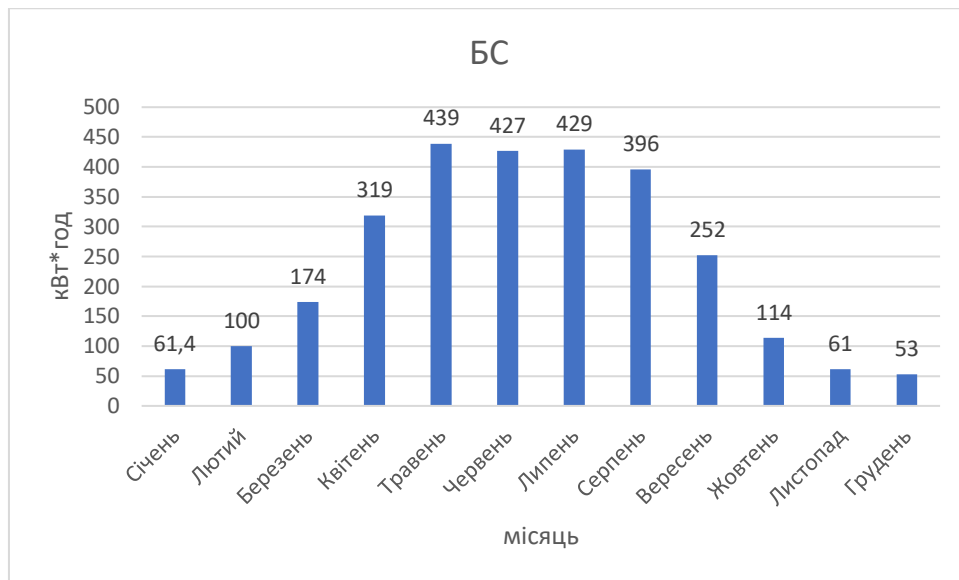


Рисунок 3.2 – Діаграма генерування енергії СЕС
потужністю 3920 Вт в Житомирській області

2. Дослідження проектованої СЕС при заявленій номінальній потужності
7 кВт для наземної БС

Розрахунки автономної системи електропостачання:

$$P_{\text{заг.}} = 6960 \text{ Вт}$$

Знаходимо енергію постійного струму з урахуванням втрат в інверторі [3]. Для цього необхідно помножити отримане значення потужності на коефіцієнт $k=1,2$.

$$E_{\text{п}} = P_{\text{заг.}} \cdot k_{\text{фем}} = 6960 \cdot 1,2 = 8352 \quad (3.20)$$

Розрахунок за січень :

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1010}{1000} = 1,01 \text{ год};$$

$$W_{\text{січ 1д}} = 6960 \cdot 0,5 \cdot 1,01 = 3514,8 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{січ}} = 3514,8 \cdot 31 = 108958,8 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{фey міс}} = 109 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за лютий:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1820}{1000} = 1,82 \text{ год};$$

$$W_{\text{лют 1д}} = 6960 \cdot 0,5 \cdot 1,82 = 6334 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лют}} = 6334 \cdot 28 = 177352 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 177 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за березень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{2870}{1000} = 2,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{бер 1д}} = 6960 \cdot 0,5 \cdot 2,87 = 9988 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{бер 1тиж}} = 9988 \cdot 31 = 309616 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 309 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Розрахунок за квітень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{3888}{1000} = 3,88 \text{ год};$$

$$W_{\text{квіт 1д}} = 6960 \cdot 0,7 \cdot 3,88 = 18903,36 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{квіт}} = 18903,36 \cdot 30 = 567101 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 567 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за травень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{5160}{1000} = 5,16 \text{ год};$$

$$W_{\text{тр 1д}} = 6960 \cdot 0,7 \cdot 5,16 = 25139,52 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{тр}} = 25139,52 \cdot 31 = 779325,12 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 779 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за червень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{5190}{1000} = 5,19 \text{ год};$$

$$W_{\text{чер 1д}} = 6960 \cdot 0,7 \cdot 5,19 = 25285,68 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{чер}} = 25285,68 \cdot 30 = 758570,4 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 759 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за липень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{5040}{1000} = 5,04 \text{ год};$$

$$W_{\text{лип 1д}} = 6960 \cdot 0,7 \cdot 5,04 = 24554,88 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лип}} = 24554,88 \cdot 31 = 761201,28 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 761 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за серпень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{4660}{1000} = 4,66 \text{ год};$$

$$W_{\text{серп 1д}} = 6960 \cdot 0,7 \cdot 4,66 = 22703,52 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{серп}} = 22703,52 \cdot 31 = 703809,12 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 704 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за вересень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{3060}{1000} = 3,06 \text{ год};$$

$$W_{\text{вер 1д}} = 6960 \cdot 0,7 \cdot 3,06 = 14908,32 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{вер}} = 14908,32 \cdot 30 = 447249,6 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 447 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за жовтень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1870}{1000} = 1,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{жовт 1д}} = 6960 \cdot 0,5 \cdot 1,87 = 6507,6 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{жовт}} = 6507,6 \cdot 31 = 201736 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 202 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за листопад :

$$T_{h\Phi EM} = \frac{1040}{1000} = 1,04 \text{ год};$$

$$W_{\text{листоп 1д}} = 6960 \cdot 0,5 \cdot 1,04 = 3619,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{листоп}} = 3619,2 \cdot 30 = 108576 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 109 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за грудень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{830}{1000} = 0,83 \text{ год};$$

$$W_{\text{гр 1д}} = 6960 \cdot 0,5 \cdot 0,83 = 2888,4 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{гр}} = 2888,4 \cdot 31 = 89540,4 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 90 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

На рисунку 3.3 представлена генерація СЕС

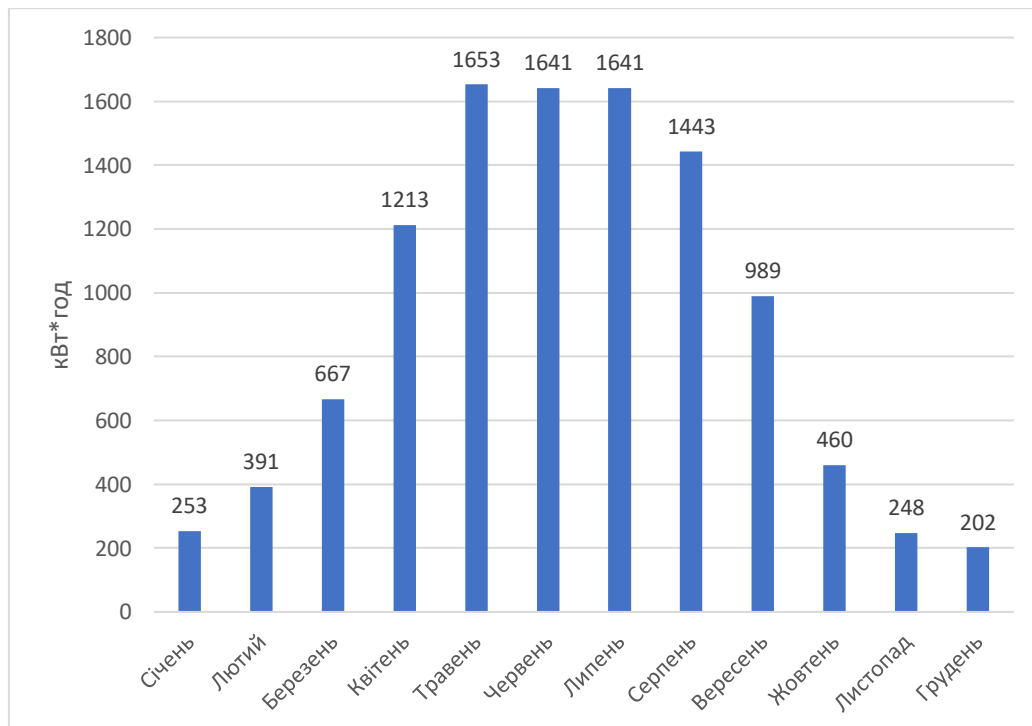


Рисунок 3.3 - Діаграма генерування енергії СЕС за місяць потужністю 7 кВт в Житомирській області

3 Дослідження проекрованої СЕС при номінальній потужності 15кВт

$$P_{\text{заг.}} = 15000 \text{ Вт}$$

Розрахунок за січень :

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1010}{1000} = 1,01 \text{ год};$$

$$W_{\text{січ 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 1,01 = 7575 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{січ}} = 7575 \cdot 31 = 234825 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 235 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за лютий:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1820}{1000} = 1,82 \text{ год};$$

$$W_{\text{лют 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 1,82 = 13650 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лют}} = 13650 \cdot 28 = 382200 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 382 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за березень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{2870}{1000} = 2,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{бер 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 2,87 = 21525 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{бер}} = 21525 \cdot 31 = 667275 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 667 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за квітень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{3880}{1000} = 3,88 \text{ год};$$

$$W_{\text{квіт 1д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 3,88 = 40740 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{квіт}} = 40740 \cdot 30 = 1222200 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 1222 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за травень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{5160}{1000} = 5,16 \text{ год};$$

$$W_{\text{тр } 1\text{д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 5,16 = 54180 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{тр}} = 54180 \cdot 31 = 1679580 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 1679 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за червень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{5190}{1000} = 5,19 \text{ год};$$

$$W_{\text{чер } 1\text{д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 5,19 = 54495 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{чер}} = 54495 \cdot 30 = 1634850 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 1635 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за липень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{5040}{1000} = 5,04 \text{ год};$$

$$W_{\text{лип } 1\text{д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 5,04 = 52920 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лип}} = 52920 \cdot 31 = 1640520 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 1640 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за серпень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{4660}{1000} = 4,66 \text{ год};$$

$$W_{\text{серп } 1\text{д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 4,66 = 48930 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{серп}} = 48930 \cdot 31 = 1516830 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 1517 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за вересень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{3060}{1000} = 3,06 \text{ год};$$

$$W_{\text{вер } 1\text{д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 3,06 = 32130 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{вер}} = 32130 \cdot 30 = 963900 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 964 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за жовтень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1870}{1000} = 1,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{жовт 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 1,87 = 14025 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{жовт}} = 14025 \cdot 31 = 434775 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 435 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за листопад :

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1040}{1000} = 1,04 \text{ год};$$

$$W_{\text{листоп 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 1,04 = 7800 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{листоп}} = 7800 \cdot 30 = 234000 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 234 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за грудень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{830}{1000} = 0,83 \text{ год};$$

$$W_{\text{гр 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 0,83 = 6225 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{гр}} = 6225 \cdot 31 = 192975 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 193 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

На рисунку 3.4 представлена генерація СЕС

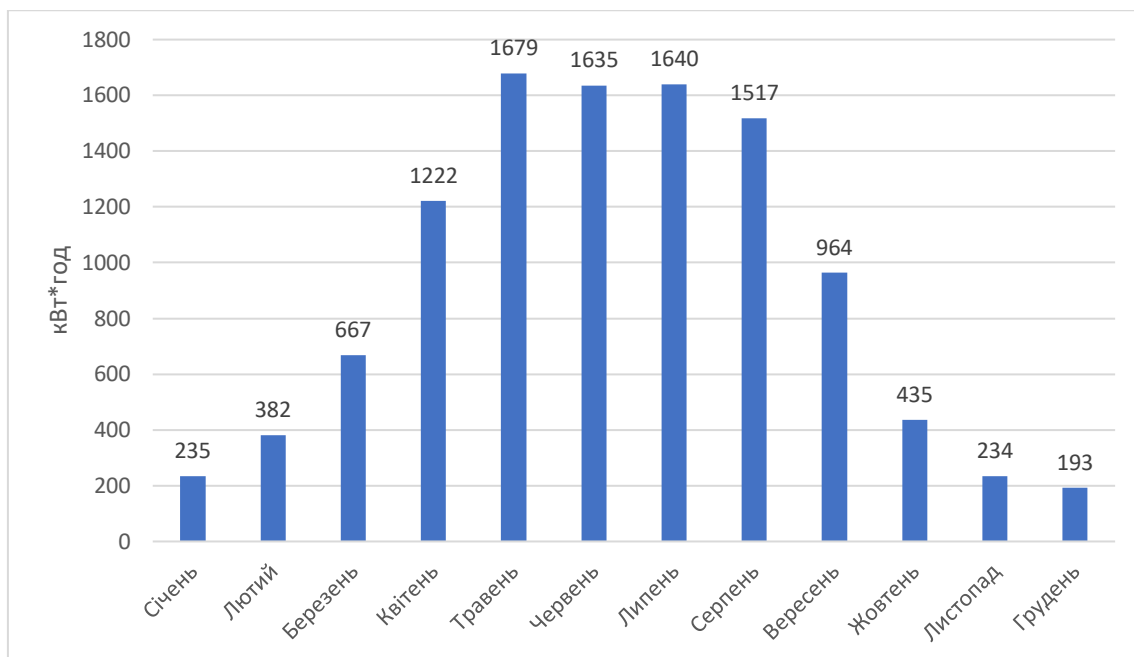


Рисунок 3.4 – Діаграма генерування енергії СЕС за місяць потужністю 15 кВт в Житомирській області

Згідно даних наданих ТОВ «Лайфселл» та проектової генерації СЕС за місяць можна сказати про те, що СЕС 15 кВт покриває середнє споживання БС, що дозволяє застосовувати СЕС як допоміжне обладнання для отримання додаткового живлення для БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл» [28].

На рисунку 3.5 представлена генерація СЕС та БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл»

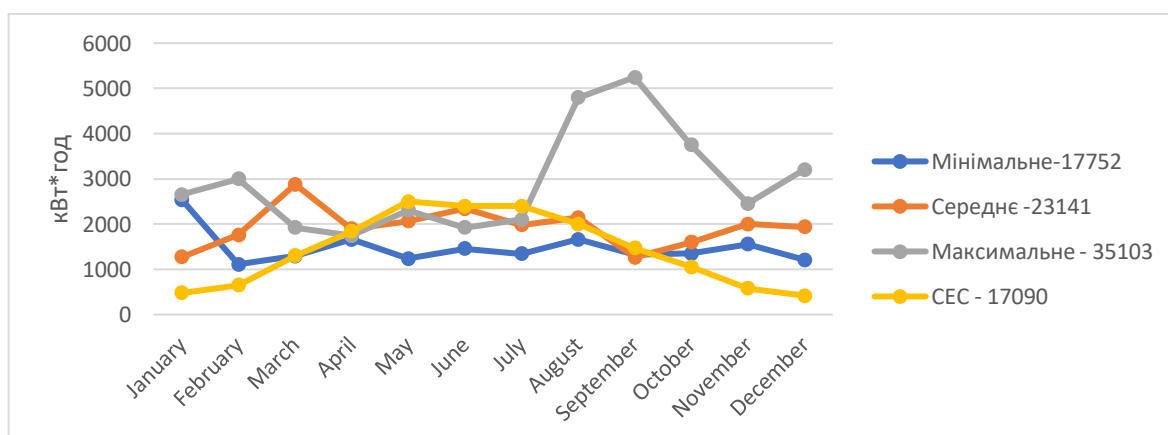


Рисунок 3.5 – Порівняльний аналіз генерування СЕС та споживання БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл» в Житомирській області

Аналогічний розрахунок для Хмельницької області

- 1) Дослідження проектованої СЕС за земельними обмеженнями
Розрахунки автономної системи електропостачання.

Згідно коефіцієнта використання площі K_s розраховується, як відношення площі ділянки їх розміщення S до площі сонячних панелей S_p на покрівлі будинку [28]. Обираємо сонячну батарею з параметрами $2176 \times 1098 \times 35$ потужністю 490 Вт

$$K_s = 20 / 2,39 = 8 \text{ шт}$$

$$P^{\text{фем}} = P_{\text{1фем}} \cdot n = 490 \cdot 8 = 3920$$

Розрахунок за січень :

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1090}{1000} = 1,09 \text{ год};$$

$$W_{\text{січ 1д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 1,09 = 2136,4 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{січ}} = 2136,4 \cdot 31 = 66228,4 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 66 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за лютий:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1860}{1000} = 1,86 \text{ год};$$

$$W_{\text{лют 1д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 1,86 = 3645,6 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лют}} = 3645,6 \cdot 28 = 102077 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 102 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за березень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{2870}{1000} = 2,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{бер 1д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 2,87 = 5625,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{бер 1тиж}} = 5625,2 \cdot 31 = 174381,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{фey мic}} = 174 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за квітень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{3850}{1000} = 3,85 \text{ год};$$

$$W_{\text{квіт 1д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 3,85 = 10564,4 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{квіт}} = 10564,4 \cdot 30 = 316932 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{фey мic}} = 317 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за травень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{5080}{1000} = 5,08 \text{ год};$$

$$W_{\text{тр 1д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 5,08 = 13939,52 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{тр}} = 13939,52 \cdot 31 = 432125,12 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{фey мic}} = 432 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за червень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{5210}{1000} = 5,21 \text{ год};$$

$$W_{\text{чер 1д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 5,21 = 14296,24 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{чер}} = 14296,24 \cdot 30 = 428887,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{фey мic}} = 429 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за липень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{5040}{1000} = 5,04 \text{ год};$$

$$W_{\text{лип 1д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 5,04 = 13829,76 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лип}} = 13829,76 \cdot 31 = 428722,56 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{фey мic}} = 429 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за серпень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{4580}{1000} = 4,58 \text{ год};$$

$$W_{\text{серп 1д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 4,58 = 12567,52 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{серп}} = 12567,52 \cdot 31 = 389593,12 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 390 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за вересень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{3140}{1000} = 3,14 \text{ год};$$

$$W_{\text{вер 1д}} = 3920 \cdot 0,7 \cdot 3,14 = 8616,16 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{вер}} = 8616,16 \cdot 30 = 258485 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 258 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за жовтень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{1980}{1000} = 1,98 \text{ год};$$

$$W_{\text{жовт 1д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 1,98 = 3881 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{жовт}} = 3881 \cdot 31 = 120305 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 120 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за листопад :

$$T_{h\Phi EM} = \frac{1100}{1000} = 1,10 \text{ год};$$

$$W_{\text{листоп 1д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 1,10 = 2156 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{листоп}} = 2156 \cdot 30 = 64680 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 65 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за грудень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{870}{1000} = 0,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{гр 1д}} = 3920 \cdot 0,5 \cdot 0,87 = 1705,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{гр}} = 1705,2 \cdot 31 = 52861,2 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 53 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

На рисунку 3.6 представлена генерація СЕС

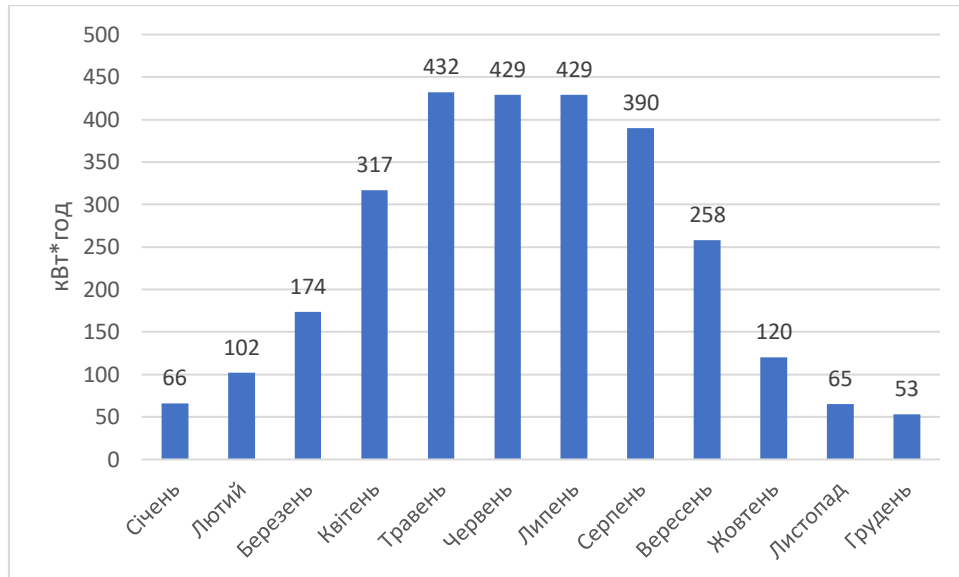


Рисунок – 3.6 Діаграма генерування енергії СЕС за місяць
потужністю 4 кВт в Хмельницькій області

2 Дослідження проектованої СЕС при заявленій номінальній потужності
7 кВт для наземної БС:

$$P_{\text{заг.}} = 7000 \text{ Вт}$$

Розрахунок за січень :

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1090}{1000} = 1,09 \text{ год};$$

$$W_{\text{січ 1д}} = 7000 \cdot 0,5 \cdot 1,09 = 3815 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{січ}} = 3815 \cdot 31 = 118265 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 118 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за лютий:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1860}{1000} = 1,86 \text{ год};$$

$$W_{\text{лют } 1\text{д}} = 7000 \cdot 0,5 \cdot 1,86 = 6510 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лют}} = 6510 \cdot 28 = 182280 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 182 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за березень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{2870}{1000} = 2,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{бер } 1\text{д}} = 7000 \cdot 0,5 \cdot 2,87 = 10045 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{бер } 1\text{тиж}} = 10045 \cdot 31 = 311395 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 311 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за квітень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{3850}{1000} = 3,85 \text{ год};$$

$$W_{\text{квіт } 1\text{д}} = 7000 \cdot 0,7 \cdot 3,85 = 18865 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{квіт}} = 18865 \cdot 30 = 565950 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 566 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за травень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{5080}{1000} = 5,08 \text{ год};$$

$$W_{\text{тр } 1\text{д}} = 7000 \cdot 0,7 \cdot 5,08 = 24892 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{тр}} = 24892 \cdot 31 = 771652 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 772 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за червень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{5210}{1000} = 5,21 \text{ год};$$

$$W_{\text{чер } 1\text{д}} = 7000 \cdot 0,7 \cdot 5,21 = 25529 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{чер}} = 25529 \cdot 30 = 765870 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 766 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за липень:

$$T_{h\Phi\text{ЕМ}} = \frac{5040}{1000} = 5,04 \text{ год};$$

$$W_{\text{лип 1д}} = 7000 \cdot 0,7 \cdot 5,04 = 24696 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лип}} = 24696 \cdot 31 = 765576 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 766 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за серпень:

$$T_{h\Phi\text{ЕМ}} = \frac{4580}{1000} = 4,58 \text{ год};$$

$$W_{\text{серп 1д}} = 7000 \cdot 0,7 \cdot 4,58 = 22442 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{серп}} = 22442 \cdot 31 = 695702 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 695 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за вересень:

$$T_{h\Phi\text{ЕМ}} = \frac{3140}{1000} = 3,14 \text{ год};$$

$$W_{\text{вер 1д}} = 7000 \cdot 0,7 \cdot 3,14 = 15386 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{вер}} = 15386 \cdot 30 = 461580 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 462 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за жовтень:

$$T_{h\Phi\text{ЕМ}} = \frac{1980}{1000} = 1,98 \text{ год};$$

$$W_{\text{жовт 1д}} = 7000 \cdot 0,5 \cdot 1,98 = 6930 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{жовт}} = 6930 \cdot 31 = 214830 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 215 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за листопад :

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1100}{1000} = 1,10 \text{ год};$$

$$W_{\text{листоп 1д}} = 7000 \cdot 0,5 \cdot 1,10 = 3850 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{листоп}} = 3850 \cdot 30 = 115500 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 116 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за грудень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{870}{1000} = 0,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{гр 1д}} = 7000 \cdot 0,5 \cdot 0,87 = 3045 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{гр}} = 3045 \cdot 31 = 94395 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 94 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

На рисунку 3.7 представлена генерація СЕС

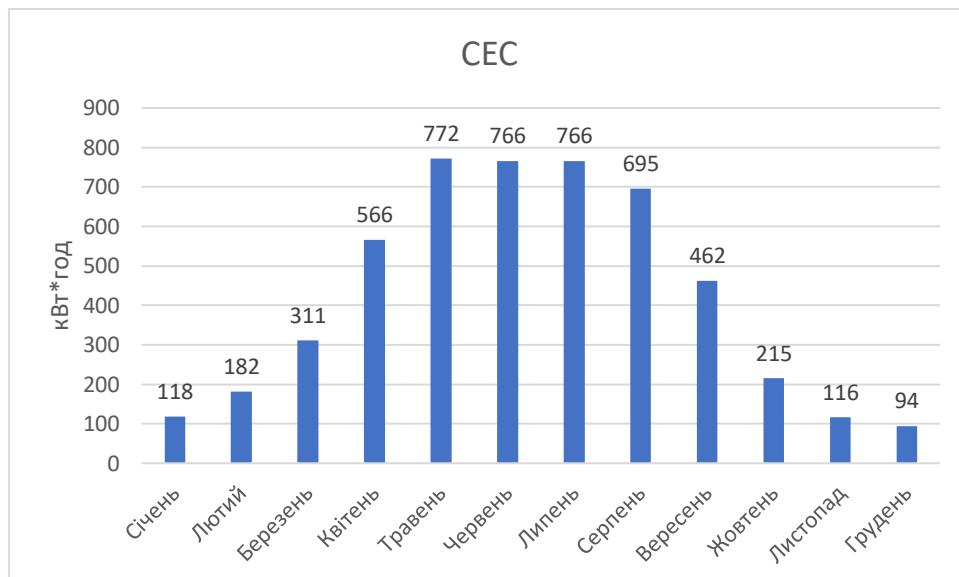


Рисунок 3.7 – Діаграма генерування енергії СЕС за місяць
потужністю 7кВт в Хмельницькій області

ЗДослідження проектованої СЕС при номінальній потужності 15 кВт

Розрахунки автономної системи електропостачання:

$$P_{\text{зар.}} = 15000 \text{ Вт}$$

Розрахунок за січень :

$$T_{h\Phi EM} = \frac{1090}{1000} = 1,09 \text{ год};$$

$$W_{\text{січ 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 1,09 = 8175 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{січ}} = 8175 \cdot 31 = 253425 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 253 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за лютий:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{1860}{1000} = 1,86 \text{ год};$$

$$W_{\text{лют 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 1,86 = 13950 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лют}} = 13950 \cdot 28 = 390600 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 391 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за березень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{2870}{1000} = 2,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{бер 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 2,87 = 21525 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{бер}} = 21525 \cdot 31 = 667275 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 667 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за квітень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{3850}{1000} = 3,85 \text{ год};$$

$$W_{\text{квіт 1д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 3,85 = 40425 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{квіт}} = 40425 \cdot 30 = 1212750 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 1213 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за травень:

$$T_{h\Phi EM} = \frac{5080}{1000} = 5,08 \text{ год};$$

$$W_{\text{тр } 1\text{д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 5,08 = 53340 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{тр}} = 53340 \cdot 31 = 1653540 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 1653 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за червень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{5210}{1000} = 5,21 \text{ год};$$

$$W_{\text{чер } 1\text{д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 5,21 = 54705 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{чер}} = 54705 \cdot 30 = 1641150 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 1641 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за липень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{5040}{1000} = 5,04 \text{ год};$$

$$W_{\text{лип } 1\text{д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 5,04 = 52920 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{лип}} = 52920 \cdot 31 = 1640520 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 1641 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за серпень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{4580}{1000} = 4,58 \text{ год};$$

$$W_{\text{серп } 1\text{д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 4,58 = 48090 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{серп}} = 48090 \cdot 31 = 1442700 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 1443 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за вересень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{3140}{1000} = 3,14 \text{ год};$$

$$W_{\text{вер } 1\text{д}} = 15000 \cdot 0,7 \cdot 3,14 = 32970 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{вер}} = 32970 \cdot 30 = 989100 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 989 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за жовтень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1980}{1000} = 1,98 \text{ год};$$

$$W_{\text{жовт 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 1,98 = 14850 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{жовт}} = 14850 \cdot 31 = 460350 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 460 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за листопад :

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{1100}{1000} = 1,10 \text{ год};$$

$$W_{\text{листоп 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 1,10 = 8250 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{листоп}} = 8250 \cdot 30 = 247500 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 248 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розрахунок за грудень:

$$T_{h\text{ФЕМ}} = \frac{870}{1000} = 0,87 \text{ год};$$

$$W_{\text{гр 1д}} = 15000 \cdot 0,5 \cdot 0,87 = 6525 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$W_{\text{гр}} = 6525 \cdot 31 = 202275 \text{ Вт} \cdot \text{год};$$

$$P_{\text{феу міс}} = 202 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

На рисунку 3.8 представлена генерація СЕС

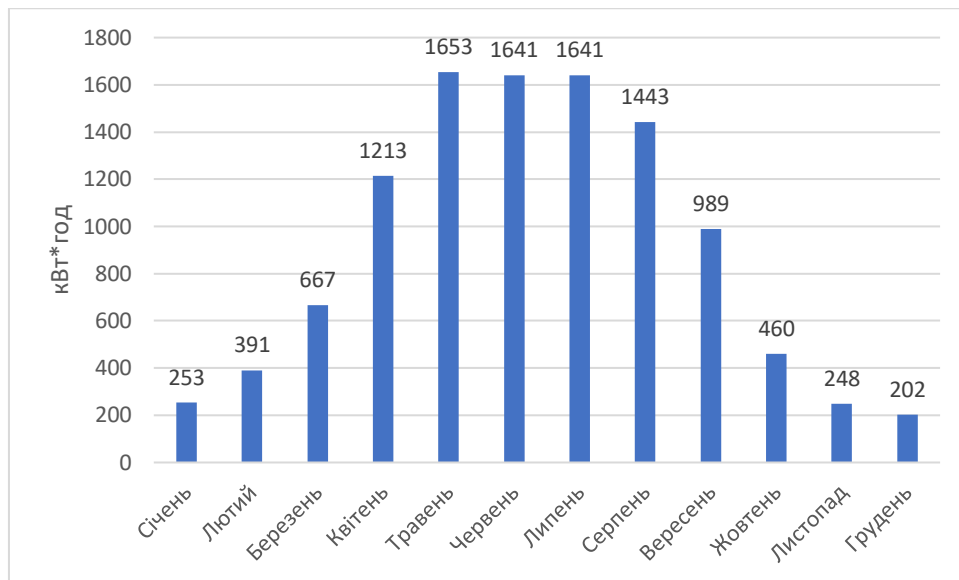


Рисунок 3.8 – Діаграма генерування енергії СЕС за місяць потужністю 15 кВт в Хмельницькій області

Згідно даних наданих ТОВ «Лайфселл» та проектової генерації СЕС за місяць можна сказати про те, що СЕС 15000 Вт покриває середнє споживання БС, що дозволяє застосовувати СЕС як допоміжне обладнання для отримання додаткового живлення для БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл».

На рисунку 3.9 представлена генерація СЕС

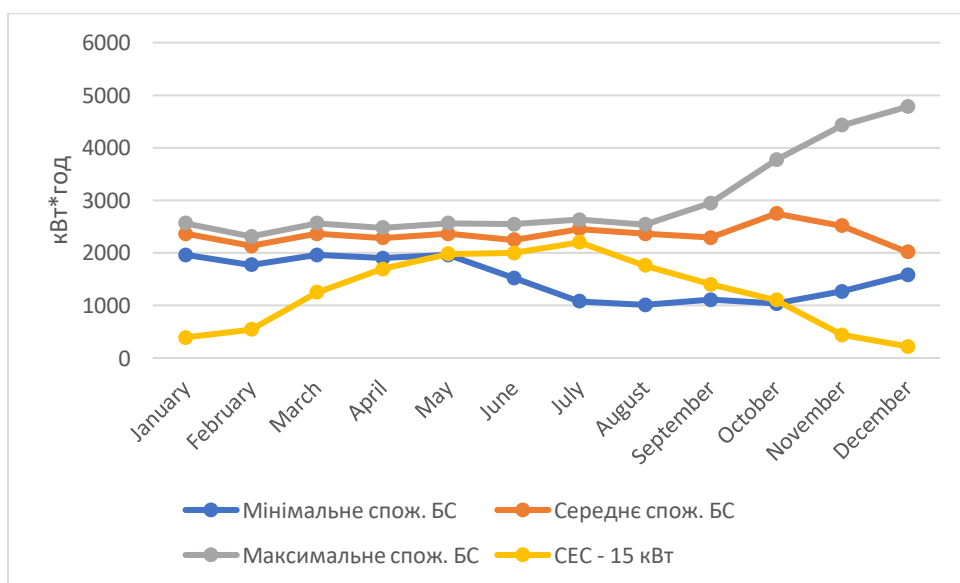


Рисунок 3.9 – Порівняльний аналіз генерування СЕС та споживання БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл» Хмельницькій області

Отже за проведеними розрахунками для відновлювальних джерел енергії об'єкту дослідження, а саме розрахунок СЕС для базових станцій мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл» відповідно до проведених досліджень встановлено, що мінімальна потужність СЕС яка може бути використана для автономного забезпечення БС становить 15000 Вт. Ми можемо використовувати СЕС як допоміжне джерело електропостачання для технологічного обладнання БС. Вибір обладнання для БС з використанням СЕС по кожному сценарію (наведено в таблицях 3.2-3.4).

Таблиця 3.2 – Дослідження проекрованої СЕС за земельними обмеженнями

Тип обладнання	Марка	Технічні характеристики	Кількість	Ціна за одиницю	Сума грн
Сонячна батарея монокристалічна	Trina Solar TSM-DE18M (490 Вт, Half Cell)	Напруга: 24В	8	4347	34776
		Потужність:490 Вт			
		Струм при максимальній потужності: 11,56 А			
		Напруга при максимальній потужності: 42,4 В			
		Ступінь захисту: IP-68			
		КПД: 20,7%			
		Вага : 26,3 кг			
Інвертор	XT1203A 10кВт 48V	Частота при роботі від АКБ – 50 Гц	1		24399
		Максимальна короткочасна потужність навантаження - 12000 Вт			
		Номінальна потужність навантаження - 10000 Вт			
		Напруга зовнішнього пристрою АКБ - 45В			
		Максимальний струм заряду АКБ від централізованої мережі – 10А			
		Частота при роботі від АКБ - 50Гц			
		Форма вихідного сигналу: чиста синусоїда			
		Коефіцієнт гармонік – менше 5%			
		ККД – 90-92%			
Всього					59175
Кріплення для сонячних батарей					3435
					62610

Таблиця 3.3 – Дослідження проектованої СЕС при заявленій номінальній потужності 7 кВт для наземної БС

Тип обладнання	Марка	Технічні характеристики	Кількість	Ціна за одиницю	Сума грн
Сонячна батарея монокристалічна	LONGi Solar LR4-72HPH-435M	Напруга: 24В	16	4432	70912
		Потужність: 435 Вт			
		Струм при максимальній потужності:			
		Напруга при максимальній потужності: 42,4 В			
		Ступінь захисту: IP-68			
		КПД: 20,7%			
		Вага : 26,3 кг			
Інвертор	Ахіома 48-5000 PWM	Частота– 50/60 Гц (авто)	1		16359
		Максимальна потужність навантаження - 10000 Вт			
		Номінальна потужність навантаження - 5000 Вт			
		Напруга зовнішнього пристрою АКБ - 48В			
		Спрацювання захисту від перенапруги – 60В			
		Максимальний зарядний струм від мережі - 60А			
		Форма вихідного сигналу: чиста синусоїда			
		ККД – 93%			
Всього				87271	
Кріплення для сонячних батарей				6843	
Σ				94114	

Таблиця 3.4 - Дослідження проекрованої СЕС при номінальній потужності 15 кВт

Тип обладнання	Марка	Технічні характеристики	Кількість	Ціна за одиницю	Сума грн
Сонячна батарея монокристалічна	RSM150-8-500M Risen 9BB 210mm	Напруга: 24В	30	3941	63056
		Потужність: 500 Вт			
		Струм при максимальній потужності:			
		Напруга при максимальній потужності: 42,48 В			
		Ступінь захисту: IP-68			
		КПД: 20,3%			
		Вага : 28,5 кг			
Інвертор	RSM150-8-500M Risen 9BB 210mm	Частота при роботі від АКБ – 50 Гц	1	67020	67020
		Максимальна вихідна потужність навантаження - 16500 ВА			
		Номінальна потужність навантаження - 15000 Вт			
		Напруга зовнішнього пристрою АКБ - 45В			
		Максимальний струм заряду АКБ від централізованої мережі – 25А			
		Частота при роботі від АКБ – 50Гц			
		Форма вихідного сигналу: чиста синусоїда			
		Коефіцієнт гармонік – менше 5%			
		ККД – 98,65%			
Всього					130076
Кріплення для сонячних батарей					12848
					142924

3.3 Техніко-економічний аналіз впровадження автономних систем електрозабезпечення

Визначення капітального вкладення є невідомою частиною розрахунків проектованої СЕС для визначення капітальних вкладень та експлуатаційних витрат, розрахунків її терміну окупності [27]. Також для оцінювання економічної вигоди. Важливим є оцінювання ціни обладнання, що буде застосовуватись в системі [27].

В розрахунку кошторисного аналізу в першу чергу необхідно розрахувати річну вартість СЕС - ТАС (Total Annualized Cost) за таким співвідношенням:

$$TAC = \frac{TLCC}{CPW}; \quad (3.21)$$

де TLCC (Total Life Cycle Cost) – загальна вартість системи протягом періоду експлуатації;

CPWF (Cumulative Present Worth Factor) – сукупний фактор реальної вартості.

Кошти, які призначені для створення і придбання основних фондів та нематеріальних активів, котрі належать амортизації називаються капітальними вкладеннями [27].

Капітальні вкладення для 1 сценарію – 62610 тис. грн

Капітальні вкладення для 2 сценарію – 94114 тис. грн

Капітальні вкладення для 3 сценарію – 142924 тис. грн

Для економічної ефективності оцінки ефективності заходів одним з найважливіших показників являються капітальні вкладення, що необхідні при впровадженні запропонованої системи [27]. Визначення проектних капіталовкладень в обладнання та будівельно-монтажні роботи визначаються на основі договірних цін [27].

Вартість на монтажно-налагоджувальні роботи визначаються за формулою:

$$K_{\text{мн}} = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_{\text{л}} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{пр}} \quad (3.22)$$

$$K_{\text{мн}} = (4 \cdot 26,1 \cdot 24 + 3 \cdot 45,4 \cdot 18) \cdot 1,1 \cdot 1,22 \cdot 1,5 = 9979,65$$

де Чі - чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, чол;

a_i - годинна тарифна ставка i -го розряду, грн;

t_i - час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних) робіт, годин;

$K_d=1,1 \dots 1,5$ - коефіцієнт, що враховує розмір доплат;

$K_{\text{см}}=1,22$ - коефіцієнт, що враховує відрахування на соціальні заходи;

$K_{\text{пр}}=1,1 \dots 1,5$ - коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт.

Транспортні витрати визначаються відповідно до тарифів перевізника ТОВ «Делівері», маси вантажу і відстані до складів постачальника. Доставка вантажів буде здійснюватися зі складу компанії «Рентехно». Згідно розрахунків перевізника доставка 6 вантажних місць загальною масою 1,5 тонни складе 7183 грн.

Капітальні витрати по кожному сценарію становлять:

$$K_n = K_{\text{об}} + K_{\text{тр}} + K_{\text{мн}} \quad (3.23)$$

де $K_{\text{об}}$ – вартість устаткування по зведенню витрат (без ПДВ), грн.;

$K_{\text{тр}}$ – транспортно-заготівельні й складські витрати, грн. (5600 тис. грн.);

$K_{\text{мн}}$ – витрати на монтаж і налагодження встаткування, грн.;

$$K_1 = 62610 + 5600 + 9979,65 = 78189,65$$

$$K_2 = 94114 + 5600 + 9979,65 = 109693,65$$

$$K_3 = 142924 + 5600 + 9979,65 = 158503,65$$

3.2.2 Розрахунок капітальних вкладень

Експлуатаційними витратами називають поточні витрати на експлуатацію й обслуговування об'єктів проектування за певний період, виражається в грошовому еквіваленті.

а) амортизаційні відрахування (C_a);

- б) вартість спожитої електроенергії (C_e);
- в) основна й додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу й відрахування на соціальні заходи (C_3);
- г) витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування (C_T);
- д) інші витрати ($C_{ін}$).

У такий спосіб річні експлуатаційні витрати по об'єкті проектування становлять:

$$C = C_a + C_e + C_3 + C_T + C_{ін}, \quad (3.24)$$

де, C_3 - заробітна плата з нарахуваннями персоналу, зайнятого обслуговуванням пристроїв, грн/рік;

C_T - витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт, грн/рік;

C_a - сума амортизаційних відрахувань, грн/рік;

C_e - вартість спожитої електроенергії, грн/рік;

$C_{ін}$ - інші витрати, грн/рік.

Пропонована до установки система сонячних батарей є автономною і не вимагає постійної присутності оператора або обслуговуючого персоналу. Амортизація об'єкту основних засобів рахується виходячи з часу його використання. Очікувані економічні вигоди, технічних і якісних характеристик основної системи, фізичного зносу також інших факторів, котрі можуть впливати на можливість використання обладнання. Термін якісного використання впроваджуваного обладнання становить 15 років.

Розрахунок капітальних вкладень проводиться за трьома сценаріями:

- 1) Дослідження проектованої СЕС за земельними обмеженнями

Норма амортизації при прямолінійному методі, постійна протягом всього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \frac{\Phi_{п}}{\Phi_{п} \cdot T_{п}}; \quad (3.25)$$

де T_p – час якісного використання (амортизаційний період);

Φ_p – початкова ціна системи.

$$H_a = \frac{78189,65}{78189,65 \cdot 15} \cdot 100\% = 7\%$$

Тоді річні амортизаційні відрахування АВ при прямолінійному методі:

$$AB = \frac{\Phi_p \cdot H_a}{100}; \quad (3.26)$$

Річні амортизаційний розрахунок для проекту :

$$AO_{pr} = \frac{78189,65 \cdot 7}{100} = 5473,287$$

Таблиця 3.8- Розрахунок амортизації

Найменування показників	Капітальні витрати, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн
Проектне рішення	78189,65	7	5473,29

Розрахунок та визначення річних витрат на поточний ремонт та технічне обслуговування.

Річні витрати включають в себе витрати на технічне обслуговування та ремонт обладнання також витрати на матеріали, заробітну плату працівникам і можуть визначатись за фактичними даними підприємства і складають 1% від величини капітальних витрат.

$$C_T = 0,01 \cdot K_{pr} \quad (3.27)$$

Відповідно до практики, інші витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу. У зв'язку з тим, що фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу $C_3=0$ ця складова експлуатаційних витрат також дорівнює нулю. Оскільки об'єктом проектування являється БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл», що не є повністю автономною і споживає електроенергії з мережі.

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт для проектного варіанта:

$$C_T = 0,01 \cdot 78189,65 = 781,9 \text{ грн}$$

Річні експлуатаційні витрати по об'єкті проектування становлять:

$$C = 5473,29 + 0 + 3,46 + 781,9 = 6258,65$$

Таблиця 3.9 – Річні дані генерації СЕС сценарій 1

Споживання електроенергії БС за рік:	35103	кВт*год
Генерація електроенергії за рік від ФЕС складе:	4090,80	кВт*год
Різниця споживання електроенергії і генерації від ФЕС:	31012,2	кВт*год
Ціна встановлення СЕС:	62610	грн
Щорічні експлуатаційні витрати будуть складати орієнтовно	6258,65	грн
Простий термін окупності СЕС, років	10	Років

2) Дослідження проектової СЕС при заявленій номінальній потужності 7 кВт для наземної БС

Норма амортизації при прямолінійному методі, постійна протягом всього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \frac{109693,65}{109693,65 \cdot 15} \cdot 100\% = 7\%$$

Річні амортизаційний розрахунок для проекту :

$$AO_{\text{пр}} = \frac{109693,65 \cdot 7}{100} = 7678,56$$

Таблиця 3.10 – Розрахунок амортизації

Найменування показників	Капітальні витрати, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн
Проектне рішення	109693,65	7	7678,56

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт для проектного варіанта:

$$C_T = 0,01 \cdot 109693,65 = 1096,94 \text{ грн}$$

Річні експлуатаційні витрати по об'єкті проектування розраховуються за формулою 4.4 становлять:

$$C = 7678,56 + 0 + 3,46 + 1096,94 = 8775,5$$

Таблиця 3.11 – Річні дані генерації СЕС сценарій 2

Споживання електроенергії БС за рік:	35103	кВт*год
Генерація електроенергії за рік від ФЕС складе:	7158,90	кВт*год
Різниця споживання електроенергії і генерації від ФЕС:	25683	кВт*год
Ціна встановлення СЕС	94114	грн
Щорічні експлуатаційні витрати будуть складати орієнтовно	8775,5	грн
Простий термін окупності СЕС, років	11	Років

3) Дослідження проектованої СЕС при номінальній потужності 15 кВт

Норма амортизації при прямолінійному методі, постійна протягом всього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$H_a = \frac{158503,65}{158503,65 \cdot 15} \cdot 100\% = 7\%$$

Річні амортизаційний розрахунок для проекту :

$$AO_{\text{пр}} = \frac{158503,65 \cdot 7}{100} = 11095,26$$

Таблиця 3.12 – Розрахунок амортизації

Найменування показників	Капітальні витрати, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн
Проектне рішення	158503,65	7	11095,26

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт для проектного варіанта:

$$C_T = 0,01 \cdot 158503,65 = 1585,04 \text{ грн}$$

Річні експлуатаційні витрати по об'єкті проектування розраховуються за формулою 4.4 становлять:

$$C = 1585,04 + 0 + 3,46 + 11095,26 = 12683,76$$

Таблиця 3.13 – Річні дані генерації СЕС сценарій 3

Споживання електроенергії БС за рік:	35103	кВт*год
Генерація електроенергії за рік від ФЕС складе:	15340,50	кВт*год
Різниця споживання електроенергії і генерації від ФЕС:	19763	кВт*год
Ціна встановлення СЕС	142924	грн
Щорічні експлуатаційні витрати будуть складати орієнтовно	12683,65	грн
Простий термін окупності СЕС, років	11	Років

Висновок до розділу 3

В третьому розділі було проаналізовано проектне рішення електрозабезпечення БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл». Проведено розрахунок режимів роботи СЕС для Житомирської та Хмельницької областей за трьома сценаріями:

- дослідження проекрованої СЕС за земельними обмеженнями ;
- дослідження проекрованої СЕС при заявленій номінальній потужності 7 кВт для наземної БС;
- дослідження проекрованої СЕС при номінальній потужності 15 кВт.

В результаті наближеного економічного аналізу було визначено простий термін окупності для запропонованих сценаріїв, який відповідно становить сценарій №1 - 10 років, сценарій № 2 - 11 років, сценарій № 3 - 11 років.

Враховуючи тенденції до розвитку та впровадження технологій ВДЕ і необхідність надійного і безперервного живлення пропонуємо використання фотоелектричних станцій для електрозабезпечення базових станцій зв'язку.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Ідея стартапу є підвищення попиту електричної енергії на базі аналізування особливості економічного, соціального, регіонального розвитку та підвищення енергетичної ефективності електропостачання за використанням ВДЕ в системах БС мобільного зв'язку.

Об'єкт дослідження: функціонування автономної системи електропостачання з інтегрованими в систему централізованого постачання з джерелами енергії.

Предмет дослідження: оптимізація структур функціонування систем електропостачання, процес виробітку енергії установками шляхом використання альтернативних джерел електроенергії.

Методи дослідження: дослідження базуються на сучасних методах статистичного та системного аналізу інформації з використанням програмного забезпечення.

Дослідження можливостей з залученням ринку електроенергії споживачів, ризику та факторів формування попиту на електричну енергію та потужність, тобто визначення шляхів зменшення витрат на електричну енергію. Ідея стартап- проекту наведена в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Збільшити ефективність гібридних систем. До складу програмної групи в реалізації функцій наступних напрямків: енергоефективності генеруючого обладнання ВДЕ; формування структур автономної системи електропостачання.	<ul style="list-style-type: none"> - Оптимальні варіанти існуючих енергетичних систем з застосуванням ВДЕ згідно даних про споживання енергетичних ресурсів; - Розрахунок прогнозних значень для забезпечення використання максимальних прогнозованих величин відновлювальних джерел енергії 	<ul style="list-style-type: none"> - Зменшення енергоспоживання з централізованої мережі, збільшення потужності, менше шкідливих викидів в атмосферу. - Підвищення енергопостачання та зменшення енергоспоживання. - Дослідження нових методів та застосування нових напрямків - Контролювання споживання та генерації в системі за допомогою передачі даних в мережу для моніторингу стану технічного обладнання

Згідно проведеного аналізу можна визначити переваги відносно до пропозицій конкурентів:

Заміна газових, паливних, вугільних джерел на альтернативні джерела енергії дозволяють зменшувати атмосферні викиди парникових газів, вирішування задачі можливе з використанням та застосуванням математичних моделювань, що в свою чергу забезпечують новими можливостями для різнотипних джерел енергії.

Ринковий аналіз середовища: полягає у визначеності можливостей ринку, які можна використовувати під час впровадження проекту попри існуючі загрози ринку, що можуть заважати в реалізації проектного рішення. При впровадженні проекту необхідно враховувати стан середовища ринку та планування напрямку для розвитку проекту. Такі фактори мають значний вплив на взаємовідносини між споживачем та підприємцем. Кінцевим етапом в аналізуванні впровадженні проекту є створення SWOT-аналізу за характеристиками можливостей, загроз, сильних та слабких сторін (наведено в таблиці 4.2).

Таблиця 4.2 – SWOT – аналіз стартап проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> -прогнозування електроспоживання; -зменшення викидів газів в навколишнє середовище 	<p>Слабкі сторони:</p> <ul style="list-style-type: none"> -потрібне надійне елетропостачання; -чутливість на цінову політику енергопостачальної компанії
<p>Можливості:</p> <ul style="list-style-type: none"> -можливість застосування нового обладнання; -використання вигідних тарифів; -зниження технічних втрат при передаванні та розподілу електро енергії 	<p>Загрози:</p> <ul style="list-style-type: none"> -складне політичне становище в країні; -конкуренція

Висновок до розділу 4

В Україні потенційними перешкодами для впровадження систем є нестабільне законодавство, застаріле обладнання для бізнесу та великі початкові інвестиції.

Використання установок відновлюваної енергії як джерела електроенергії збільшить надійність електропостачання споживачів, збільшить ефективність використання природних ресурсів та зменшить шкідливі викиди, зменшить довжину електричних мереж та технологічні витрати електроенергії на її транспортування.

ВИСНОВОК

1. Проведено дослідження нормативно-правового забезпечення, щодо впровадження відновлювальних джерел енергії та аналіз сучасного стану розвитку відновлюваних джерел енергії в Україні, в результаті аналізу інструментів регулювання ринку встановлено, що основним інструментом для стимулювання розвитку ринку ВДЕ є законодавчі акти, які регулюють діяльність виробників та забезпечують підтримку з боку держави.

2. За результатами аналізу ГЕН БС та режимів роботи проведено SWOT-аналіз з метою прийняття управлінських рішень щодо впровадження системи автономного електрозабезпечення БС.

3. Проаналізовано проектні рішення системи електрозабезпечення базових станцій зв'язку і запропоновано різні сценарії для забезпечення електроживлення БС мобільного зв'язку враховуючи технічні і експлуатаційні характеристики.

4. В результаті наближеного економічного аналізу було визначено простий термін окупності для запропонованих сценаріїв, який відповідно становить сценарій № 1 - 10 років, сценарій № 2 - 11 років, сценарій № 3 - 11 років.

5. Враховуючи тенденції до розвитку та впровадження технологій ВДЕ і необхідність надійного і безперервного живлення пропонуємо використання фотоелектричних станцій для електрозабезпечення базових станцій зв'язку.

6. На основі проведеного дослідження було розроблено стартовий проект. Ідея проекту полягає в розробці програмного продукту, який на основі даних про споживання енергії обирає найкращі варіанти створення існуючої місцевої енергетичної системи для використання ВДЕ. Розроблено стратегії комерційного впровадження проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/Rozvitok-VDE-v-Ukrai--ni.pdf>
- 2) **Revised version, November 2020. Information notice** [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: www.iea.org/corrections
- 3) Енергетична стратегія України на період до 2030 р. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://de.com.ua/uploads/0/1703-EnergyStrategy2030.pdf>
- 4) Закон України “Про ринок електричної енергії” (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 27-28, ст.312) [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>.
- 5) Відновлювані Джерела Енергії в Україні [Електронний ресурс]. URL:https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/ua/pdf/2019/09/RenewablesReport_2019-ua.pdf (дата звернення 15.01.2020).
- 6) Офіційний сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України. Енергія Сонця [Електронний ресурс] URL: <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy> (дата звернення 21.10.2019).
- 7) Офіційний сайт Міністерство енергетики та вугільної промисловості України [Електронний ресурс]
URL:http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245490768&cat_id=35081
- 8) Закон України “Про ринок електричної енергії” (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 27-28, ст.312) [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>.
- 9) Оцінка ресурсного потенціалу сонячної електроенергетики у Одеській області // Басок Б.І., Веремійчук Ю.А. – К.: «КІМ».- 2019. -250 с. ISBN 978-617-628-081-1

- 10) Веремійчук Ю.А., Опришко В.П., Притискач І.В., Ярмолюк О.С. Оптимізація функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів. Київ, Видавничий дім «Кий», 2020. 186 с. ISBN 987-617-7177-12-7
- 11) Безкостний П.І. Впровадження сонячних електростанцій та дослідження їх впливу на роботу електроенергетичних систем. – 2017. – с. 1–28.
- 12) Цифрові технології в інноваційній трансформації економіки України за редакцією чл. кор. НАН України І.Ю. Єгорова, д.е.н. О. І. Никифорок, к.е.н. В. Е. Ліра, - 10.07.2020. – 309 с.
- 13) Запуск базової станції мобільного зв'язку в Білорусії [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://itc.ua/news/v-belarusi-zapustili-bazovuyu-stantsiyu-mobilnoy-svyazi-na-solnechnyih-batareyah/>
- 14) Solar car parks. UK, BRE National Solar Centre, 2016. [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.bregroup.com/wp-content/uploads/2018/03/99939-BRE-Solar-Carpark-Guide-Feb18-A4-24pp-nocrop-LR.pdf>
- 15) Kurbatova T. State and economic prospects of developing potential of non - renewable energy resources in Ukraine. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015.V.52.P 217-226.
- 16) Директива 2001/77/ЄС «Про створення сприятливих умов продажу електроенергії, виробленої з відновлювальних енергоджерел, на внутрішньому ринку електричної енергії від 27.09.2001 р. / Верховна Рада України »: Офіційний веб-портал. URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/994_503.
- 17) Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.2016 р. №1264-ХІІ/Верховна Рада України: Офіційний веб-портал. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
- 18) Закон України про телекомунікації [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1280-15#Text>

- 19) Цивільний Кодекс України [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://i.factor.ua/ukr/law-54/section-298/article-5626/3>
- 20) Бондаренко І.М. Системи радіозв'язку. Кн.2, ч. 1, радіолінії зв'язку: Навч. посібник - Харків. : ХІ ВПС, 2003. – 162с.
- 21) Системы солнечного тепло – и хладоснабжения / [Э.Р. Авязов, М.А. Барский – Зорин, Н.М. Васильев и др.]; под ред. Э.В. Сарнацкого и С.А. Чистовича.– М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.
- 22) Veremiichuk, Y. Berzina, K., Zicmane, I., Mahnitko, A., Patel, D.K., Optimal power flow in power system in Latvian market conditions. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM Volume 19, Issue 4.1, 2019, Pages 369-375
- 23) Офіційний сайт Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України. Енергія Сонця [Електронний ресурс] URL: <http://saee.gov.ua/uk/ae/sunenergy>
- 24) НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок
- 25) ГІД 34.20.178:2005 Проектирование электрических сетей напряжением 0,4-110 кВ. Рекомендации
- 26) Кашкаров А.П. Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции. – М.:ДМК Пресс, 2011.-146с.
- 27) Щур В.І. техніко-економічне обґрунтування параметрів гібридної вітро-сонячної системи для електропостачання окремого об'єкта / і. з. Щур, В. І. Климко. // електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2014. – с. 92–100.
- 28) Офіційний сайт Міністерство енергетики та вугільної промисловості України [Електронний ресурс]
[URL:http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245490768&cat_id=35081](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245490768&cat_id=35081)
- 29) **Revised version, November 2020. Information notice** [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: www.iea.org/corrections
- 30) ПУЕ – 2017. Правила улаштування електроустановок.

31) Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкуренто-спроможність»: затв. розпорядження Кабінету Міністрів України від 18.08.2017 №605-р / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Офіційний веб портал:

http://mpe.kmu.gov.ua/minogol/control/publish/article?art_id=245234085

Додаток А – Загальна інформація по БС мобільного зв'язку ТОВ «Лайфселл»

Назва сайту	Область	Потужність згідно договору $P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	Площа за договором, м^2
НМ0001	Хмельницька	7	20
НМ0003	Хмельницька	7	10
НМ0005	Хмельницька	7	20
НМ0007	Хмельницька	7	20
НМ0008	Хмельницька	7	20
НМ0009	Хмельницька	7	20
НМ0011	Хмельницька	7	20
НМ0012	Хмельницька	7	20
НМ0014	Хмельницька	7	20
НМ0015	Хмельницька	7	20
НМ0016	Хмельницька	7	20
НМ0019	Хмельницька	7	10
НМ0021	Хмельницька	7	20
НМ0023	Хмельницька	7	20
НМ0024	Хмельницька	7	20
НМ0025	Хмельницька	7	20
НМ0027	Хмельницька	7	20
НМ0029	Хмельницька	7	10
НМ0030	Хмельницька	7	20
НМ0031	Хмельницька	7	20
ЗН0001	Житомирська	7	10
ЗН0002	Житомирська	7	10
ЗН0003	Житомирська	7	20
ЗН0004	Житомирська	7	10
ЗН0005	Житомирська	7	10
ЗН0006	Житомирська	7	10
ЗН0007	Житомирська	7	10
ЗН0008	Житомирська	7	10
ЗН0009	Житомирська	7	10
ЗН0010	Житомирська	7	20
ЗН0011	Житомирська	7	10
ЗН0012	Житомирська	7	10
ЗН0013	Житомирська	7	10
ЗН0014	Житомирська	7	10
ЗН0015	Житомирська	7	10
ЗН0016	Житомирська	7	20
ЗН0017	Житомирська	7	10
ЗН0018	Житомирська	7	10
ЗН0019	Житомирська	7	20
ЗН0020	Житомирська	7	10